

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS  
INSTITUTO DE FÍSICA

JOÃO PEDRO GHIDINI

**Elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-  
Aprendizagem sobre Raios Cósmicos: Proposições e  
Reflexões**

**SÃO PAULO**

Junho de 2023



JOÃO PEDRO GHIDINI

**Elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-  
Aprendizagem sobre Raios Cósmicos: Proposições e  
Reflexões**

Versão Original

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Munhoz

Coorientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

**SÃO PAULO**

Junho de 2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo ou pesquisa, desde que citada a fonte.

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação**  
**do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Silva, João Pedro Ghidini da

Elaboração e avaliação de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre raios cósmicos: proposições e reflexões. São Paulo, 2023.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gameiro Munhoz

Coorientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Raios Cósmicos; 3. Desenvolvimento intelectual; 4. Filosofia da ciência; 5. Design.

USP/IF/SBI-046/2023



Nome: GHIDINI, João Pedro.

Título: Elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Raios Cósmitos: Proposições e Reflexões

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Munhoz

Coorientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_



## AGRADECIMENTOS

Nos agradecimentos o leitor e o escritor se encontram em pontos opostos. O primeiro, no início, enquanto que o escritor está no fim. Para o escritor é, sem dúvidas, o momento mais aguardado. Para o leitor é muitas vezes uma página que informa pouco sobre o trabalho e a tentação de pular é grande. Não vou mentir, aqui também é o caso. Fica ao seu critério se gasta dois minutos da sua vida ou se pula. Mas te sensibilizo: aqui escrevo palavras com um intenso significado para mim.

O apoio que recebi dos professores Marcelo Munhoz e Ivã Gurgel é indescritível nessas poucas linhas. Ainda me recordo de quando os conheci – Marcelo, quando me candidatei a vaga de iniciação científica, por volta de 6 anos atrás, e Ivã, numa palestra de recepção aos calouros, por volta de 7 anos atrás. Ao longo de todos esses anos, ambos tiveram um intenso papel na minha formação enquanto intelectual, professor e ser humano, que se deram nos mais variados espaços: no total, mais de uma dezena de disciplinas enquanto aluno, outras várias enquanto monitor e estagiário, inúmeras reuniões de grupo de pesquisa e intensos diálogos sobre física, história, filosofia e a vida. Sou imensamente grato por esse contato, sempre marcante e sempre humanista. Limitado que sou, por vezes incompreendi seus discursos repletos de graça.

Agradeço também aos professores Márlon Pessanha, Nathan Lima, Fabiana Kneubil e Alexandre Bagdonas pelos comentários que realizaram sobre este trabalho. A qualidade de suas assertividades provocou transformações na pesquisa realizada e no texto apresentado, demonstrando para mim que a avaliação por pares é menos sobre a ‘verificação da qualidade’, e mais sobre a formação do pesquisador e o engrandecimento da pesquisa.

Quanto a formação e apoio, minha família também teve papel preponderante: em especial, meus pais Elaine e Gilmar, meus irmãos Henrique e Gilmar, cunhada e sobrinho Larissa e Murilo e meus padrinhos Marcos e Mazinha – no fundo, vocês acreditaram em mim quando internamente nem mesmo eu acreditava. Cito também, em especial, meu avô Pedro. Ao ser seu auxiliar na construção civil, aprendi o que é dedicação e afeto pelo trabalho. Infelizmente você se foi antes da minha formatura finalmente acontecer após a pandemia, e não pude te trazer para conhecer a USP como prometido. Mas ao menos aqui deixo nela um pedacinho de você.

Sou grato também aos inúmeros amigos, colegas e professores do IFUSP – um espaço sempre intenso, sempre novo -, que contribuíram para a minha formação em diferentes sentidos. Evitarei nomear para não me deixar levar pelo ‘presentismo’. Mas dentre os que não poderiam faltar está André Fantin. Desde o momento que ingressamos no programa de mestrado, André se tornou um grande amigo, com quem compartilhei ideias, alegrias e tristezas nesses anos de escrita. Um brinde também à uma amiga de verdade, Lais Borges.

Agradeço aos amigos e colegas do grupo TeHCo (Teoria e História da Ciência Contemporânea) e do projeto de raios cósmicos CELESTE, em especial ao professor Carlos, que com tanto carinho abraçou a proposta. Ambos reúnem pessoas amigáveis, divertidas e inteligentes, com quem compartilhei inúmeras ideias. Deixo também aqui registrado meu agradecimento aos amigos de fora da USP, em especial àqueles que o contato diminui, mas o carinho permanece: Thiago e Bianca.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa, bem como à USP por ter subsidiado a minha permanência na universidade durante a graduação.

Talvez em nenhuma outra época o espírito científico tenha tido tanta necessidade de ser defendido quanto hoje

**Gaston Bachelard (1938).**



# RESUMO

GHIDINI, J. P. **Elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Raios Cósmicos:** Proposições e Reflexões. São Paulo, 2023. 500p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Apesar das inúmeras contribuições teóricas e empíricas para a atualização do currículo de física, a atenção para a Natureza da Ciência e o uso de tecnologia em sala de aula, eles permanecem ainda hoje como desafios para a educação científica. A Física de Partículas, por sua vez, tem características especiais, havendo uma notória ausência de trabalhos de cunho histórico-epistemológicos e diversos problemas conceituais na prática de ensino, além dos obstáculos didático-epistemológicos e didático-pedagógicos do ensino de Física Moderna e Contemporânea. Nesse texto, dissertamos sobre uma pesquisa teórico-empírica no contexto da Inovação Curricular. Mais especificamente, nosso objetivo é investigar os obstáculos manifestados durante a relação de ensino-aprendizagem de um tópico de física moderna, tanto numa dimensão epistemológica quanto pedagógica. Entretanto, como forma de potencializar o valor dessa investigação, nossas reflexões não se restringem aos efeitos manifestados. Trata-se de pensar também como essa proposta se articula em um projeto educacional mais amplo, bem como quais são as condições de contorno devido a uma característica peculiar do nosso trabalho – a saber, a de fazer parte de um projeto de detecção de raios cósmicos. A junção entre a investigação empírica e a investigação teórica exige, ao nosso ver, um planejamento que para construir, precisa ser construído – no caso, realizado a partir da literatura das Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA). Notamos que ao final, apesar dos estudantes abandonarem certas concepções prévias, aspectos conceituais e investigativos associados ao funcionamento comum de um detector permanecem como obstáculos, emergindo a necessidade de mudar a SEA inicial.

**Palavras-chave:** Física Moderna e Contemporânea. Sequências de Ensino-Aprendizagem. Obstáculos. Inovação Curricular. Natureza da Ciência.





# ABSTRACT

GHIDINI, J. P. **Elaboration and evaluation of a Teaching-Learning Sequence on Cosmic Rays: Propositions and Reflections.** São Paulo, 2023. 500p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Despite the numerous theoretical and empirical contributions to updating the physics curriculum, the attention to the Nature of Science and the use of technology in the classroom, they still remain challenges for science education. Particle Physics, in turn, has special characteristics, with a notorious absence of works of a historical-epistemological nature and several conceptual problems in teaching practice, in addition to the didactic-epistemological and didactic-pedagogical obstacles of teaching Modern and Contemporary Physics. In this text, we discuss a theoretical and empirical research in the context of Curriculum Innovation. More specifically, our objective is to investigate the obstacles manifested during the teaching-learning relationship of a modern physics topic, both in an epistemological and pedagogical dimension. However, as a way of enhancing the value of this investigation, our reflections are not restricted to the manifested effects. It is also about thinking about how this proposal is articulated in a broader educational project, as well as what are the boundary conditions due to a peculiar characteristic of our work – namely, that of being part of a cosmic ray detection project. The junction between empirical investigation and theoretical investigation requires, in our view, planning that, in order to be constructed, needs to be constructed – in this case, based on the literature of Teaching-Learning Sequences (TLS). We note that in the end, despite the students abandoning certain previous conceptions, conceptual and investigative aspects associated with the common operation of a detector remain obstacles, emerging the need to change the initial TLS.

**Keywords:** Modern and Contemporary Physics. Teaching-Learning Sequences. Obstacles. Curriculum Innovation. Nature of Science.



# Lista de abreviaturas, siglas e acrônimos

IC	Inovação Curricular
SD	Sequência Didática
CNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
DBR	Design-Based Research
SEA	Sequências de Ensino-Aprendizagem
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa
RENAFAE	Rede Nacional de Física de Altas Energias
CELESTE	Cosmic rays sciencE Lab Experiment for Students and TEachers
FP	Física de Partículas
NdC	Natureza da Ciência
CTSA-QSC	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e Questões Sociocientíficas
EC	Ensino de Ciências
VCNdC	Visão Consensual da Natureza da Ciência
QSC	Questões Sociocientíficas
EPPOG	Grupo Europeu de Divulgação em Física de Partículas
IPPOG	Grupo Internacional de Divulgação em Física de Partículas
MHPP	Masterclass Hands on Particle Physics
NSF	National Science Fundation
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Nacionais Anísio Teixeira
OTAP	Obstáculo dos Tipos de Atividades Propostas
ORL	Obstáculo do Raciocínio Limitado
ORI	Obstáculos do Raciocínio Incongruente
OEU	Obstáculo da Explicação Única
OEC	Obstáculo da Estrutura Conceitual

OBO	Obstáculo da Base Ontológica
OAI	Obstáculo da Autoridade Instrumental
OAC	Obstáculo da Autoridade Científica

# Sumário

<b>Introdução: Promovendo a inovação educacional através do design de uma sequência imersa em um projeto de raios cósmico.</b> .....	<b>20</b>
Objetivo de Pesquisa e questões estruturantes .....	24
Sobre os capítulos.....	26
<b>Capítulo 1: Renovando as razões para ensinar Física Moderna e Contemporânea</b> .....	<b>28</b>
1.1 – Uma discussão curricular que abraça o conhecimento da FMC .....	34
1.2 – Os outros caminhos.....	42
1.2.1 – Demandas Práticas Individuais .....	42
1.2.2 - Demandas Práticas Coletivas.....	43
1.3 – O caminho que percorremos .....	46
1.4 – Projeto Formativo .....	50
<b>Capítulo 2: O contexto intelectual dos projetos de raios cósmicos</b> .....	<b>53</b>
2.1 – Sobre a Física de Partículas.....	54
2.2 - Redes de colaboração entre Escola e Universidade na detecção de Raios Cósmicos.....	56
2.3 – Projetos mundo afora .....	60
2.3.1 – Na Grécia: HELYCON (Hellenic Lyceum Cosmic Observatories Network).....	63
2.3.2 – Nos Estados Unidos: QuarkNet.....	67
2.3.3 – Nos Países Baixos: HiSPARC.....	69
2.3.4 – Comentários sobre outros projetos .....	72
2.4 – CELESTE: O Projeto Brasileiro.....	73
2.4.1 –As justificativas do projeto CNPq .....	74
2.4.2 – A estrutura tecnológica .....	74
<b>Capítulo 3: Como realizar a Inovação Curricular</b> .....	<b>77</b>
3.1 – As pesquisas sobre <i>design</i> . .....	79
3.2 – Introdução às Sequências de Ensino-Aprendizagem .....	81
3.2.1 – Princípios de Design .....	84
3.2.2 – Conteúdo científico .....	87
3.2.3 – Objetivos de aprendizagem.....	89
3.2.4 – Design .....	90
3.2.5 – Implementação.....	92
3.2.6 – Validação e Redesign.....	93
3.3 – A DBR e a SEA enquanto comunidades.....	96
3.4 – Postura empírica .....	102

<b>Capítulo 4: Nosso método para elaborar a SEA.....</b>	<b>105</b>
4.1 – Fundamentação teórica: obstáculos .....	108
4.1.1 – Atribuindo significado ao ‘obstáculo’, ‘didático’, ‘epistemológico’ e ‘pedagógico’ .....	109
4.1.2 – Compreendendo alguns obstáculos da literatura .....	112
4.2 – Fundamentação teórica: modelos .....	118
4.2.1 – Ideias principais: Ronald Giere.....	118
4.2.2 – Estudo de caso: Início da Pesquisa em Raios Cósmicos. ....	121
4.3 – Os desafios do planejamento.....	130
4.3.1 – Sobre o professor implementador .....	131
4.4 – Nosso método.....	132
4.4.1 – Estratégias para o Design: Desafios (B) e (C) .....	132
4.4.2 – Organização da colaboração: Desafios (A), (D) e (E).....	134
4.5 – Estratégias de Design: Versão Final (1º Design). ....	135
4.6 – Documento de Apresentação (1º Design) .....	143
4.7 – Sobre a forma de coletar dados .....	152
<b>Capítulo 5: Obstáculos manifestados e as razões críticas para mudar .....</b>	<b>158</b>
5.1 – Nossa abordagem para o redesign.....	158
5.1.2 – Questões de pesquisa relativas ao Redesign.....	162
5.2 – Análise: dimensão ampla.....	162
5.2.1 – Toda detecção pressupõe uma interação.....	162
5.2.2 – Radiação e absorção.....	164
5.2.3 – Dificuldades práticas de usar o material .....	165
5.3 – Análise: granularidade fina.....	166
5.3.1 – Aula 1: Notícia de jornal e Problematizações.....	166
5.3.2 – Aula 2 e 3: Atividade dos Cartões.....	166
5.3.3 – Aula 4 e 5: Câmara de Nuvens, Demonstração experimental e detector .....	171
5.3.4 – Aula 6 e 7: Histograma a mão e com o Jupyter. ....	173
5.4 – Urge a necessidade de mudar .....	174
5.5 – A nova sequência elaborada .....	179
<b>Considerações finais .....</b>	<b>190</b>
<b>Referências .....</b>	<b>195</b>
<b>Apêndice A: 1º Design .....</b>	<b>207</b>
A.1 – Material Didático: 1º Sequência elaborada .....	208
A.2 - Questionários para estudantes, professor e roteiros de entrevista.....	253

<b>A.3 - Dados coletados</b> .....	267
Respostas: Questionário para estudantes – Inicial.....	267
Respostas: Questionário para Estudantes - Final.....	278
Respostas: Questionários para o Professor.....	286
Respostas e Correção: Atividade dos Cartões .....	290
Respostas: Histogramas.....	318
Respostas: Atividade no Jupyter.....	321
Transcrição das entrevistas: Estudantes .....	357
Transcrição da entrevista: Professor.....	461
<b>Apêndice B: Relatos de experiência</b> .....	<b>476</b>
<b>Apêndice C: Análise Textual Discursiva</b> .....	<b>482</b>
C.1 –Aula 1: Notícia de Jornal.....	483
C.2 –Aula 2 e 3: Atividade dos Cartões .....	484
C.3 –Aula 4 e 5: Câmara de Nuvens, Demonstração experimental e detector .....	499
C.3 –Aula 6 e 7: Histograma a mão e com o Jupyter .....	499
C.4 –Dimensão ampla.....	503
<b>Apêndice D: 2º sequência – Material Didático</b> .....	<b>516</b>
<b>Apêndice E: Meta discussão - A relação entre SEA e modelos</b> .....	<b>569</b>





# **Introdução: Promovendo a inovação educacional através do design de uma sequência imersa em um projeto de raios cósmico.**

Neste texto, dissertamos sobre uma pesquisa teórico-empírica no contexto da Inovação Curricular. Mais especificamente, nosso objetivo é investigar os obstáculos manifestados durante a relação de ensino-aprendizagem de um tópico de física moderna, tanto numa dimensão epistemológica quanto pedagógica. Entretanto, como forma de potencializar o valor dessa investigação, nossas reflexões não se restringem aos efeitos manifestados. Trata-se de pensar também como essa proposta se articula em um projeto educacional mais amplo, bem como quais são as condições de contorno devido a uma característica peculiar do nosso trabalho – a saber, a de fazer parte de um projeto de detecção de raios cósmicos. A junção entre a investigação empírica e a investigação teórica exige, ao nosso ver, um planejamento que para construir, precisa ser construído – no caso, realizado a partir da literatura das Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA). Notamos que ao final, apesar dos estudantes abandonarem certas concepções prévias, aspectos conceituais e investigativos associados ao funcionamento comum de um detector permanecem como obstáculos, emergindo a necessidade de mudar a SEA inicial. A seguir, detalharemos um pouco mais sobre a estrutura desse texto e o nosso problema de pesquisa.

## **Mudança, reforma, inovação e renovação.**

Esses são quatro dos conceitos principais utilizados por aqueles que querem transformar, em maior ou menor grau, as práticas educativas (FLORES & FLORES, 1998, p.81). Fugindo da polissemia de cada um desses termos, a partir do levantamento de Flores & Flores (1998), propomos encarar a Inovação Curricular (IC) como um processo que busca introduzir algo novo no nível mais concreto da prática de professores e estudantes. Esse algo novo pode ser tanto um tema totalmente diferente da prática local, como, por exemplo a equidade em carreiras científicas (ATKIN & BLACK, 2005, p.7), ou uma mudança na ênfase curricular de um tema que já pertencia à prática local, como, por exemplo, ensinar eletricidade através da prática experimental, em detrimento de uma ênfase na formalização escrita (ATKIN & BLACK, 2005, p.188).

A IC é um dos maiores desafios da educação científica. Na dimensão teórica, os embates na teoria de currículo disputam *o que* deve ser ensinado nas escolas, argumentando um *por que* deste posicionamento, que por vezes não está dissociado de *como* os professores

e estudantes devem proceder. Por outro lado, a dimensão prática aceita como verdadeiro alguns argumentos de que um determinado novo conhecimento deve participar do ambiente escolar e com isso elabora propostas educacionais para a sala de aula (muitas vezes desconsiderando as discussões centrais da teoria de currículo, como sugerem alguns autores<sup>1</sup>).

Nesse contexto, Sacristán (2013) explica o que seria uma **visão processual do currículo**, que passa por reconhecer o currículo como processo e *práxis*<sup>2</sup>. Sendo assim, haveria um 1º plano com o texto curricular, um 2º plano com o currículo interpretado por professores e produtores de materiais, sendo que no 3º plano se dão as práticas com sujeitos concretos inseridos em um contexto. No 4º plano existiriam os efeitos educacionais reais, mas que estão na dimensão da subjetividade, enquanto que no 5º plano estariam os efeitos comprováveis e comprovados. Embora os planos estejam relacionados, não se pode esperar uma causalidade entre eles (ou seja, esperar que o que se prescreve é o que acontece). O **currículo real** é então não somente o texto, mas também as ações que são empreendidas (1º, 2º e 3º plano), sendo que nessa visão o centro de gravidade da pesquisa deve estar nos efeitos gerados (4º e 5º plano), pois é com eles que podemos apreciar o que realmente se alcança com essa proposta. Na figura 1, ilustramos como a visão processual do currículo é entendida na nossa dissertação.

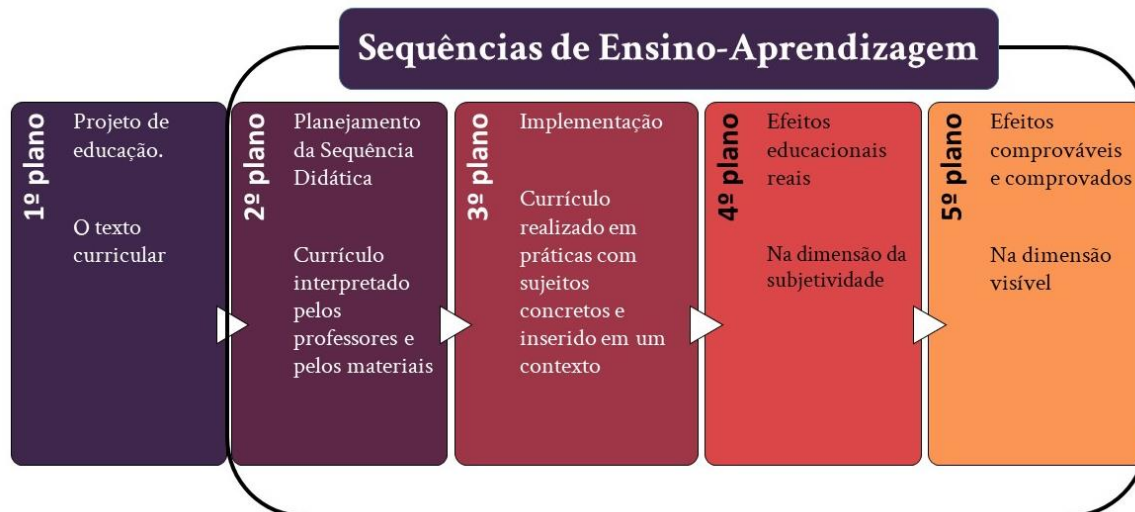


Figura 1 – Esquema de concepção do currículo como processo e práxis na perspectiva das Sequências de Ensino-Aprendizagem. Adaptado de Sacristán (2013).

<sup>1</sup> Ver, por exemplo, a exposição de Mohr, Rodrigues e Pereira (2021) em “BNCC de Ciências e BNC-Formação: reflexões para insurgências coletivas”: [www.youtube.com/watch?v=VFzlv06Efc0&t=1372s](https://www.youtube.com/watch?v=VFzlv06Efc0&t=1372s)

<sup>2</sup> Como Pessanha (2023, p. 47), reconhecemos que “A práxis educativa envolve a indissociabilidade entre teoria e prática e a conscientização sobre essa indissociabilidade como um pré-requisito para pensar e colocar em ação transformações educacionais e didáticas.”

Nessa pesquisa, realizamos um **projeto piloto** de proposta e análise de um currículo real – passando, portanto, por todos os planos. Dada a dimensão do desafio, trabalhamos com um **sistema ideal concretizado**, mas sempre visando que os resultados da pesquisa pudessem futuramente subsidiar um contexto mais amplo. Esclarecendo a expressão, chamamos de sistema porquê de certa forma, restringimos os elementos com que queremos lidar. É concretizado, porque é implementado no mundo real, mas é ideal, porque não lida com o caso mais amplo possível.

Nesse sistema ideal concretizado, na elaboração do texto curricular, nos demos o direito de fazer uma discussão modesta, embora não simplista. Esboçamos argumentos favoráveis e contrários a certas propostas, defendendo um texto curricular. Mas por ser idealizado, se relaciona pouco, por exemplo, com as profundas mudanças curriculares que atravessam o Brasil desde 2018. As insatisfações com essas mudanças serão visíveis ao leitor, mas a título de comentário acreditamos que há inúmeros problemas na implementação dessas mudanças, muito porque o plano curricular promovia mais mudanças do que seria possível concretizar. Mas isso também não implica que o que havia antes era melhor. O nosso texto curricular passa então a ser condicionado por outros dois contextos, mais restritos e “controlados”. O primeiro, é o contexto da pesquisa em ensino, no qual esboçamos uma certa aproximação entre discussões mais comuns da educação científica com discussões mais amplas da teoria de currículo. O segundo, é o microcosmo dos projetos de detecção de raios cósmicos. Esses dois contextos foram considerados na elaboração do nosso modesto texto curricular, que se materializa de forma mais simples no “projeto formativo”<sup>3</sup>.

Mas esse texto curricular é a partitura, com a qual poderiam ser desenvolvidas e executadas diferentes músicas (SACRISTÁN, 2013, p.25). Tendo isso, como então planejar uma proposta concreta?

Na pesquisa acadêmica associada à IC, diferentes métodos se consolidaram no início do século XXI. Décadas antes, haviam pesquisas que realizavam o *design* (planejamento) de sequências didáticas, seguido da implementação, análise e por vezes, a melhoria dessa proposta para a reimplementação. Alguns pesquisadores, notando que havia similaridade entre seus trabalhos, buscaram dar origem a formas mais consolidadas de realizar esse tipo de pesquisa. Esse é o caso da *Design-Based Research* (DBR), que tem maior predominância na América do Norte (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p. 12). Um dos marcos dessa abordagem é a publicação do breve artigo de DBR-Collective (2003), em que os autores apontam como uma das preocupações da DBR a falta de credibilidade da pesquisa em educação, que já era apontada por outros pesquisadores<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Entendemos como projeto formativo uma síntese das transformações almejadas nos estudantes ao final da implementação de uma proposta que considere esse texto curricular – no caso, um conjunto de objetivos de ensino-aprendizagem, que abordam tanto a ciência quanto sobre a ciência.

<sup>4</sup> Essa falta de credibilidade parece estar presente na construção dos itinerários formativos do novo currículo paulista. A participação de pesquisadores universitários se restringiu às “leituras críticas” do documento, que é pouco descritivo e superficial, por pesquisadores de diversas áreas da UNESP, além de outros professores da educação básica e pessoas do

Similar à DBR, um movimento paralelo acontecia na Europa, que consolidou a existência da *Teaching-Learning Sequences* (TLS). Concordando com Pessanha (2023) que a tradução dessa nomenclatura como Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA) está bem difundida na literatura brasileira, utilizaremos a expressão traduzida. Essa metodologia ou ‘conjunto de métodos’ (KELLY, 2004) está no centro da presente dissertação. Embora nos trabalhos de DBR seja incomum aparecerem referências a SEA (e vice-versa), essa é uma situação que começou a mudar (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p. 12). Um dos aspectos mais importantes da SEA é que ela não é apenas um **produto educacional**, mas fundamentalmente uma **atividade de pesquisa** (MEHEUT & PSILLOS, 2004). Nessa atividade de pesquisa, embora seja teoricamente orientada, o centro de gravidade também está nos efeitos produzidos.

A partir de Kneubil e Pietrocola (2017) sintetizamos que a SEA busca fazer a conexão entre “teorias gerais” da educação (incluindo abordagens cognitivas, epistemológicas, sociológicas e etc.) com a prática de ensino. No geral, são sequências curtas (p. 4). Os “princípios de design” são as hipóteses (educacionais, epistemológicas, cognitivas) de partida para inserir um dado tema (com dadas motivações) (p. 8). A partir dos princípios de design, do tema e de objetivos específicos, se faz o design, que consiste na elaboração da Sequência Didática (SD), sendo que nessa etapa é interessante contar com a participação do professor implementador (p. 9). Surge então um “produto”, que é a sequência didática, que busca atingir as metas pré-estabelecidas (p. 10). O processo de design não é único, mesmo para um mesmo princípio de design (p. 9). Após a implementação, avalia-se a SEA e busca-se mudar o design anterior, caracterizando um **processo iterativo** (p. 11 e p. 8). Por fim, com a SEA se tem um “produto” passível de ser transferido para outros pesquisadores e professores (p. 10).

Nesse sentido, construiremos um método a partir da comunidade de SEA, e com ele realizaremos o planejamento (o 2º plano da figura 1), a implementação (3º plano) e a análise da implementação (4º e 5º plano). Com isso, restringimos as possibilidades de músicas que podem ser produzidas a partir da partitura (o texto curricular).

No que concerne ao planejamento, é necessário considerar o projeto de raios cósmicos ao qual esta dissertação está vinculada. Ele conta com a projeção e construção de detectores de raios cósmicos, software para o tratamento de dados e interface de usuário, desenvolvimento de simuladores, site, redes sociais, ações de divulgação científica e, algo que é central para essa dissertação, intervenções em escolas. Esse projeto foi aprovado pelo CNPq, intitulado *Rede de colaboração científica entre escola e universidade: as práticas das ciências na perspectiva dos estudos experimentais em raios cósmicos - chamada MCTIC/CNPq No 05/2019: Programa Ciência na Escola*, e também recebeu financiamento da Rede Nacional de Física de Altas Energias (RENAFAE).<sup>5</sup> O projeto conta com a participação de pesquisadores em Física

---

sistema privado. (página 214, acesso 29/06/2022:

[https://novoensinomedio.educacao.sp.gov.br/assets/docs\\_ni/Catalogo\\_Detalhado\\_dos\\_Aprofundamentos\\_Curriculares\\_final.pdf](https://novoensinomedio.educacao.sp.gov.br/assets/docs_ni/Catalogo_Detalhado_dos_Aprofundamentos_Curriculares_final.pdf))

<sup>5</sup> Em 2022 o projeto de raios cósmicos passou a integrar um projeto temático aprovado na FAPESP: 2020/04867-2.

e em Ensino de Ciências de 5 institutos de pesquisa do Brasil (IFUSP, CBPF, IF-UFRGS, IF-UERJ e UFABC), além de professores de escolas de diferentes regiões do Brasil (Sudeste, Norte e Nordeste). Em 2023 o projeto foi nomeado com o acrônimo CELESTE, que significa *Cosmic rays science Lab Experiment for Students and TEachers*.

Nesse sentido, de forma convergente com o texto curricular, optamos por planejar uma sequência cujos objetivos de aprendizagem estivessem restritos ao ensino **da** ciência (Conceitual) e **sobre** a ciência (Natureza da Ciência). É, portanto, uma proposta que visa o desenvolvimento intelectual dos estudantes. Consideramos também que o ensino de Física Moderna e Contemporânea não é em si uma grande novidade<sup>6</sup>. Diversos problemas já são conhecidos na literatura. O planejamento ocorreu em parceria com professores, pesquisadores em ensino e pesquisadores em física.

No nosso sistema ideal concretizado, a implementação ocorreu em horário extracurricular em uma escola estadual localizada na periferia de São Paulo, para duas turmas diferentes, compostas por aproximadamente 12 alunos cada. O professor implementador participou do processo de planejamento, enquanto que os pesquisadores ficaram restritos a coleta de dados: questionários, atividades em sala, caderno de anotações e entrevistas com estudantes e professor.

Uma vez que a SEA seja implementada, é esperado que surjam erros. Esses erros podem ser de diferentes tipos. Podem ser pedagógicos, numa apropriação indevida de algum recurso educacional pelo professor, ou epistemológicos, quando os estudantes se deparam com um problema que exige que eles expressem uma representação como resposta, mas essa representação está incorreta. Visando a análise dos efeitos, nos interessam erros de uma natureza específica, que denominaremos de **obstáculos**. Entendemos que os obstáculos são erros cometidos devido a uma concepção prévia, de natureza epistemológica ou pedagógica, sendo que essa concepção nem sempre é evidente. Analisando esse tipo de erro, não restringimos a nossa análise ao 5º plano, no qual estão os efeitos comprovados, mas nos aproximamos da subjetividade no 4º plano, em que estão os efeitos reais. Do ponto de vista da pesquisa, esses são os mais interessantes. É com eles que enfim ponderamos quais mudanças precisam ser realizadas no planejamento.

## Objetivo de Pesquisa e questões estruturantes

---

<sup>6</sup> Já por volta do final do século XX e início do século XXI, inúmeros trabalhos dentro da área de ensino foram desenvolvidos visando ensinar FMC. Olhando em outra direção, temos as iniciativas de divulgação, como a do físico Ernst Wolfgang Hamburger, que orientou a dissertação de Ozimar Pereira (1997), em que ele descreve e discute iniciativas de ensino de raios cósmicos em escolas públicas brasileiras. Além disso, há alguns poucos trabalhos de ensino no contexto de projetos com detectores de raios cósmicos.

“Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico.” (BACHELARD, 1938, p.18)

**O nosso objetivo é investigar os obstáculos manifestados durante a relação de ensino-aprendizagem de uma proposta centrada em um detector de raios cósmicos, tanto de natureza epistemológica quanto pedagógica.** Entretanto, devido aos obstáculos manifestados serem dependentes da proposta implementada, admitindo que ela possui grande relação com a proposta planejada, o próprio valor dos resultados dessa investigação é dependente do quão bem subsidiada está a estrutura teórica da sequência didática planejada. Há inúmeros obstáculos possíveis e de diferentes naturezas, o que torna importante decidir quais devem ser superados. Portanto, a pesquisa se ramificou em várias questões estruturantes explicitadas abaixo com os capítulos em que são abordadas.

### **1º plano – Escrita do texto curricular**

- Por que ensinar física de partículas para alunos do ensino médio? [[Capítulo 1](#)]
- Sobre as influências de projetos de raios cósmicos no planejamento da SEA: Quais são os projetos de detecção de raios cósmicos vigentes, suas virtudes e seus problemas? [[Capítulo 2](#)]

### **Permeando o 2º, 3º, 4º e 5º plano – Quanto às SEA:**

- Qual é a concepção de SEA adotada neste trabalho? [[Capítulo 3](#)]
- O que significa as SEA serem empíricas? [[Capítulo 3](#)]
- Qual é o status epistêmico das SEA (método, metodologia, atividade de pesquisa, produto, comunidade...)? [[Capítulo 3](#)]
- Como elaborar um método de SEA que atenda às necessidades do projeto? [[Capítulo 4](#)]
- Como potencializar as contribuições dos princípios de design para a elaboração da SEA? [[Capítulo 4](#)]
- Como os professores contribuem para o design e como potencializar essa contribuição? [[Capítulo 4](#)]

### **2º plano – Currículo interpretado pelos pesquisadores, professores e materiais:**

- Como os princípios de design contribuem para a elaboração da SEA? [[Capítulo 4](#)]
- Qual é a primeira sequência elaborada para atingir os objetivos de aprendizagem estabelecidos? [[Capítulo 4](#) e [Apêndice A](#)]

- Como explicar a conclusão inicial de que os raios cósmicos são extraterrestres? [Capítulo 4]
- Como os dados coletados de estudantes e professores contribuem para o redesign? [Capítulo 5]
- Qual é a segunda sequência elaborada para atingir os objetivos de aprendizagem estabelecidos? [Capítulo 5]

**Problema de pesquisa: 4º e 5º plano – Os efeitos subjetivos e objetivos**

- Quais são os obstáculos epistemológicos e pedagógicos manifestados na 1º implementação da SEA? [Capítulo 5]

## Sobre os capítulos

Dando algumas pistas do caminho que será trilhado, no **capítulo 1** apresentamos uma discussão que é familiar àqueles que se dedicam ao ensino: o currículo. Nele, tentamos renovar as razões para ensinar Física Moderna e Contemporânea. A partir da constatação do afastamento da comunidade de pesquisa em ensino de abordagens que privilegiam o conhecimento científico, buscamos trazer relevância para a nossa proposta que trabalha as ênfases epistemológica-conceitual, filosófica-cultural e habilidades científicas. Apesar disso, de forma mais ampla defendemos um currículo plural e, naturalmente, contraditório, em que um dos projetos integrantes seja aquele que defende o engajamento dos estudantes com o conhecimento e a Natureza da Ciência, que é o nosso caso.

Frente à necessidade do projeto de desenvolver atividades e procedimentos centralizados no detector, surge a presente dissertação<sup>7</sup>. O fato de a SEA estar imersa no projeto inevitavelmente possui consequências. No **capítulo 2**, apresentamos o que é um projeto de ensino e divulgação que engloba um detector de raios cósmicos. Para isso, realizamos uma breve introdução a alguns conceitos e termos necessários para entender a discussão posterior. Em seguida, propomos uma modesta descrição do presente em termos de projetos, comentando sobre suas origens e apresentando um quadro com os projetos que ainda estão em execução. Com isso, descrevemos e discutimos alguns desses projetos em termos de estrutura e atuação na educação e divulgação. Finalizamos apresentando a estrutura tecnológica e as justificativas do projeto brasileiro apresentado ao CNPq.

---

<sup>7</sup> No momento em que ingressei no mestrado, eu tinha algumas ideias de o que gostaria de pesquisar e apresentei-as para os meus orientadores. Curiosamente, todas as ideias eram propostas mais teóricas, que não envolviam trabalho em sala de aula. Eles me lançaram uma contraproposta, contando sobre o projeto de raios cósmicos e de como seria importante alguém para suprir essa parte de ensino. Na época eu não sabia o que eram raios cósmicos. No mesmo dia, conversei com meus pais sobre as opções. Embora fossem leigos em assuntos acadêmicos, disseram que seria legal escolher aquele que “ajudasse mais pessoas”. Estava aí a minha decisão.

No **capítulo 3** apresentamos e discutimos as Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA). Nele, explicamos mais profundamente o que significa cada etapa da SEA, bem como adentramos na dimensão meta, refletindo sobre o status epistêmico da SEA e sobre sua dimensão empírica.

No **capítulo 4**, discutimos sobre o primeiro design. Para isso, apresentamos a fundamentação teórica tanto do planejamento, quanto da análise de dados – mais especificamente, das apropriações dos filósofos da ciência Gaston Bachelard (obstáculos) e Ronald Giere (modelos) no contexto do ensino de ciências. Em seguida, expomos a partir dos capítulos anteriores quais foram os desafios a serem enfrentados e o nosso método para lidar com eles. Apresentamos então nossas Estratégias para o Design, que mobilizam os diferentes referenciais em prol de contribuir no planejamento da sequência. Em seguida, expomos o documento de apresentação, que foi um documento pensado para os professores conhecerem a sequência de aulas elaboradas. Por fim, discutimos sobre a coleta de dados.

No **capítulo 5**, analisamos os dados coletados. Mais especificamente, investigamos quais foram os obstáculos didático-epistemológicos e os obstáculos didático-pedagógicos manifestados nessa implementação da SEA. Eles foram obtidos a partir da Análise Textual Discursiva dos diferentes dados coletados. Com eles, partindo da premissa de que os principais dados para o refinamento da sequência são aqueles que apresentam os aspectos problemáticos, expomos quais foram as razões cruciais que levaram a realizarmos cada mudança na sequência, finalizando então com o documento de apresentação da 2ª SEA elaborada.

Os Apêndices correspondem a quase 60% do volume de páginas desta dissertação. Uma de nossas frustrações ao encontrar pesquisas de ensino nos projetos de raios cósmicos foi a falta de transparência quanto ao que **realmente** aconteceu naquele trabalho – haviam lacunas sobre as atividades desenvolvidas, o desempenho dos estudantes, os dados obtidos através entrevistas/questionários, dentre outras coisas. Não poupamos esforços (e papel) nessa tentativa de fazer diferente.

O material didático do 1º design é encontrado na íntegra no apêndice A, bem como a transcrição das entrevistas e dos dados coletados. No apêndice B, colocamos relatos de experiências de algumas atividades que realizamos no contexto do projeto ao longo desses anos de pesquisa – um minicurso para professores e atividades de divulgação no Instituto de Física da Universidade de São Paulo. No apêndice C, colocamos os erros categorizados a partir da análise textual discursiva. No apêndice D, apresentamos o material didático elaborado para a 2ª SEA. No apêndice E, esboçamos algumas contribuições para a meta discussão que identifica a prática de design como uma prática de elaborar modelos.



# Capítulo 1: Renovando as razões para ensinar Física Moderna e Contemporânea

“Em cada século devemos nos reinterpretar para nós mesmos. Não chegamos ao nosso século como uma tabula rasa. Devemos interpretar o que descobrimos ser, tendo em vista o que fomos e o que poderíamos ser e podemos ser. Essa é a tarefa perene, sempre recorrente, sempre nova.”<sup>8</sup> (VAN FRAASSEN, 2002, tradução nossa)

O conceito de alfabetização científica<sup>9</sup> surge por volta de 1960 com a busca por um currículo de ciências que seja para todos os estudantes, não somente para aqueles que seguirão carreiras científicas (ROBERTS, 2007, p. 735). Novas reflexões sobre a função social da educação científica surgem à medida em que há o aumento da percepção pública da desigualdade de raça e gênero, bem como a ampliação da desigualdade de classe, que consensualmente é um problema na medida em que há a manutenção da pobreza (falta de moradia, alimentação, acesso à educação e à saúde) (GURGEL, 2020). Também se constata a crise de credibilidade da comunidade científica e a propagação de *fake news*, as dificuldades de resolver problemas que demandam da participação da ciência, como a pandemia do COVID-19 (sendo que o risco de pandemias já era alertado anteriormente) e as mudanças climáticas (LIMA & NASCIMENTO, 2022; GURGEL, 2020), sem desconsiderar que moramos no sul global (GUERRA & MOURA, 2022), além de uma série de outras questões que relacionam ciência, tecnologia e sociedade.

É nesse cenário que no século XXI se intensifica a defesa de um ensino que seja mais próximo do que Roberts (2007, p.730) denomina de **visão II: um currículo de ciências que tenha foco em situações sociais específicas, que os alunos encontrarão enquanto cidadãos fora da escola** - que é diferente da **visão I, que é a visão natural do ensino: olhar para os produtos e processos da ciência**. É importante notar que, a nosso ver, nenhuma das duas visões nega que a ciência desempenha papéis diferentes para os cientistas

---

<sup>8</sup> No livro, o filósofo busca renovar o significado de “empirista” frente as novas discussões da filosofia da ciência.

<sup>9</sup> Os termos *Scientific Literacy* foram traduzidos de duas formas na literatura brasileira: Alfabetização Científica e Letramento Científico. A partir de Cunha (2017), embora do ponto de vista semântico a palavra alfabetização está atrelada mais a aprender a ler e escrever, enquanto que o letramento está associado à etapa subsequente, em que se faz uso desse aprendizado e se envolve com práticas sociais de leitura e escrita (e, portanto, mais adequado à o que se pretende expressar com *Scientific Literacy*), adotaremos Alfabetização Científica por ser mais popular. Sasseron e Carvalho (2011) realizaram um levantamento semelhante e adotaram Alfabetização Científica.

e para professores e estudantes (cuja finalidade é a formação). E também, naturalmente, existem “graus” dentro dessas visões, conforme ilustramos na figura 1.1, e como aponta Roberts (2007, p.730), elas não são definições.



Figura 1.1 – As duas visões do propósito da educação científica. Fonte: elaborada pelo autor.

Argumentações em defesa de um determinado conteúdo vem perdendo espaço nas propostas educacionais acadêmicas, e dentro do ensino de física o último destaque é (ou foi) o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC)<sup>10</sup>. É importante notar que essa mudança de prioridades na área é menos por conta de argumentos negativos - ninguém está realmente se esforçando pelo fim do ensino das leis de newton nas escolas (embora existam críticas à *forma* como é realizado), - e mais por um conjunto de insatisfações sobre a não contribuição desse ensino para a resolução dos problemas indicados no primeiro parágrafo deste capítulo. As motivações para ensinar FMC elencadas no período de 1980 a 2010 parecem não ser suficientes dentro desse contexto.

Sejamos mais explícitos sobre quais são essas motivações, também discutidas em Ghidini *et al* (2021). Terrazzan (1992), defendendo a FMC em detrimento da física clássica, argumentou que o conhecimento da FMC pode possibilitar uma compreensão atualizada de mundo aos estudantes (e consequente melhora na participação cidadã) e ainda atualizar a forma de ensinar. Essas premissas também se assemelham às justificativas que aparecem no levantamento de Ostermann e Moreira (2000), dentre outras como: atrair os jovens para carreira científica (cientista e professor de ciências), proteção contra pseudociências, compreensão atualizada sobre o processo do fazer científico, aproveitar-se do entusiasmo dos estudantes ao aprender conhecimentos de FMC e aumentar sua compreensão de mundo em termos de tecnologia.

Nesse contexto, o próprio conhecimento tinha status privilegiado. Um indicativo desse privilégio, é que um dos debates sobre a FMC, explicitado por Brockington e Pietrocola (2005), era sobre *como ensinar*, que está conectado com o *por que ensinar*. Por não

<sup>10</sup> Esse aspecto é também discutido no capítulo 3, na seção sobre os objetivos de uma SEA.

estar no *cânone* da física escolar, os autores apontam que o debate entre as propostas se institui em dois lados. O primeiro, seriam aquelas que se mantem alinhadas ao rigor conceitual, mais próximas dos cursos universitários – o problema, é que apenas em contextos bem limitados (em termos de bagagem do professor, dos estudantes, etc.) essas propostas podem ser aplicadas (os autores colocam aqui os trabalhos da Ostermann, por exemplo). O segundo, seriam propostas que buscam didatizar a FMC nos mesmos moldes da física clássica, buscando replicar a prática didática que “deu certo”, criando exercícios similares e descaracterizando o conteúdo da FMC (transformando partículas elementares em bolinhas, por exemplo) afim de “tornar viável” seu ensino, tal como é feito nos livros didáticos.

O que há de comum nesses argumentos é que elas seguem a forma *natural* do ensino: olhar para os produtos e os processos da ciência, e com base nisso, identificar o que ensinar (visão I). Mesmo os argumentos que apontam uma preocupação social, são mais uma “possível consequência positiva” do que parte dos objetivos principais do projeto formativo. É possível notar essa síntese histórica que propomos na discussão sobre a FMC na educação básica realizada na tese de Bagdonas (2015). Não que essa visão seja inadequada, mas **o problema é que nesse debate só participa os já convertidos**. Por outro lado, há alguns anos nessa área, sente-se a necessidade de renovação do discurso, que se manifesta de diferentes formas. Como as propostas basicamente estão associadas à visão I, para dar conta desse novo contexto acadêmico, durante as justificativas, há **mais ênfase no processo e menos no produto**, uma vez que a ênfase no processo flerta com a visão II.

Citemos alguns exemplos, sem a pretensão de sermos exaustivos. Em sua tese, Costa (2019), visando o ensino da Teoria Eletrofraca, traz como subsídio para sua argumentação a Natureza da Ciência (NdC), expondo exemplos de como ela se manifesta no tópico escolhido: a tomada de decisão individual de um cientista depende da sua formação (p. 35), o ‘combate às visões empírico-indutivista e ateórica da Ciência’ (p. 35), a colaboração entre físicos teóricos e experimentais (p. 35-37), a participação de mulheres na ciência (p. 36), o combate a estereótipos de como um cientista é (p. 36), a relação de interdependência entre teoria e experimento (p. 38). Em sua argumentação pela Física de Partículas, aponta os argumentos que citamos acima (de forma mais descritiva), destacando a defesa por uma visão adequada do processo da ciência.

Um outro tipo de exemplo. Dois grandes nomes dessa área de FMC são Pietrocola e Ostermann. Numa mesa redonda<sup>11</sup> em um evento sobre ensino e divulgação de física de partículas, eles apresentaram posicionamentos que convergem com o que estamos sugerindo (PIETROCOLA & OSTERMANN, 2020). Maurício Pietrocola teve como base da sua fala o filósofo Gaston Bachelard, descrevendo suas contribuições para pensar o *processo* de produção do conhecimento da Física de Partículas (FP). Acatando a BNCC, o autor propõe que a FP teria pouco espaço em termos de conteúdo, mas no campo procedimental e

<sup>11</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=YxNSKFMLwc8&t=3951s>

atitudinal (quanto às grandes colaborações) poderia ter destaque. Os objetivos formativos são: formar jovens para ultrapassar os limites do cotidiano, formar um espírito científico dinâmico e inventivo e pensar as possibilidades das ações humanas, seja na comunicação, nas formas de aprendizagem, na execução de tarefas domésticas. Vale destacar que esse não era o enfoque dos trabalhos desenvolvidos anteriormente pelo pesquisador<sup>12</sup>.

Já Fernanda Ostermann, conduziu a sua fala passando pelo seu doutorado (1995-2000), discutindo sobre o conteúdo da física de partículas e também sobre como o tema possibilitou abordar o processo da ciência, rejeitando a visão empírico-indutivista, e abordar concepções metafísicas (simetria<sup>13</sup> e estética). Isso permitiu aos alunos classificar as partículas e reconhecer as quatro interações fundamentais. O problema que a autora sugere é que os alunos classificam, mas que não compreendem a física que a sustenta. Isso levou o grupo a investigar como abordar conceitualmente a física quântica. A pesquisadora então realiza uma série de considerações, onde dentre elas aponta a necessidade de evitar os “erros” da física clássica (formulística, pouco conceitual, sem epistemologia), sugerindo pensar o tema através da sua relação com a tecnologia e a sociedade (CTS crítico) e superar os efeitos de colonialidade (será que o tema não surge como demanda externa e não se traz contribuição de cientistas brasileiras(os)?), discutir a possibilidade desse tema contribuir para problemas mais graves como a desigualdade social e o racismo estrutural.

Tentemos então dar mais clareza sobre o que pode compor a figura 1.1. Roberts (1982), observando propostas para o ensino de ciências, sugere quais seriam as diferentes **ênfases** que elas poderiam ter, sendo que essas ênfases seriam as *outras motivações* para o ensino, não sendo, a princípio, mutuamente excludentes. Seu propósito era representar o que em grande medida estava sendo feito na área, embora singularmente alguma proposta pudesse não se encaixar. Resgatando esse trabalho, Gurgel (2020, p.334-335) utilizando termos mais adequados para a pesquisa contemporânea, propõe ênfases que sintetizamos a seguir:

- i. **Formal:** privilegia um pensamento racionalmente estruturado (matematicamente no caso da física), bem como a resolução de problemas teóricos.
- ii. **Epistemológica-Conceitual:** valorização das explicações científicas, situando as entidades envolvidas bem como os conceitos.
- iii. **Filosófica-Cultural:** discute sobre as características das ciências, propondo reflexões sobre a prática científica, suas relações com a filosofia, artes, literatura, religiões e etc.

---

<sup>12</sup> Pietrocola coordena o grupo NUPIC (Núcleo de Pesquisas em Inovações Curriculares), que tinha como foco pesquisas sobre FMC. Para trabalhos com enfoque no conteúdo, veja, por exemplo, a dissertação de Siqueira (2006), a de Brockington (2005) e a tese de Pessanha (2014).

<sup>13</sup> É interessante notar que a simetria pode ser pensada tanto numa dimensão física (em termos da permanência de algo após passar por uma transformação), quanto metafísica (em termos de um pressuposto mais essencial da natureza).

- iv. **Habilidades Científicas:** foco em elementos como a formulação de hipóteses, a interpretação de dados científicos, e etc., sendo habilidades que podem contribuir para a vida cotidiana.
- v. **Cotidiano:** compreensão das coisas e dos fenômenos como um objetivo em si.
- vi. **CTSA-QSC:** “[...] refletir sobre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), transformando esse saber em práticas políticas através de uma cidadania ativa.” (p. 355).
- vii. **Identitária:** valoriza as relações subjetivas com o conhecimento como algo importante, que afeta a aquisição do conhecimento e a formação de identidade (olhando para as desigualdades sociais, de raça, gênero, nacionalidade e outras).

Nesse sentido, em geral as propostas de FMC têm as ênfases i, ii e iii. Um primeiro impulso seria de tentar alocar essas ênfases na figura 1.1, conforme ilustramos na figura 1.2.

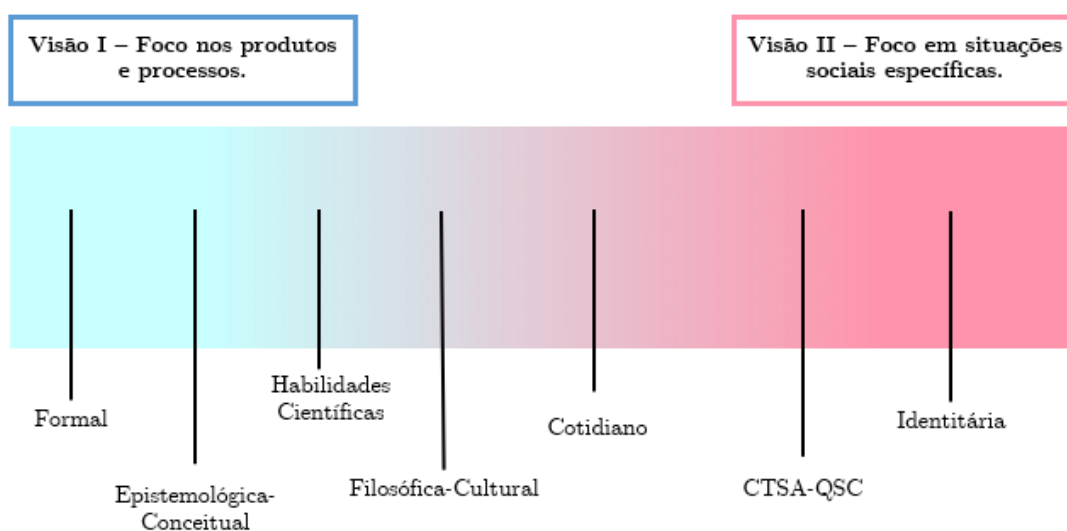


Figura 1.2 – Primeiro impulso de como localizar as ênfases na figura 1.1. Fonte: elaborada pelo autor.

Entretanto, essa é uma representação limitada. Propomos que a posição de cada uma dessas ênfases teria uma *densidade de probabilidade*, cuja posição exata só aparece quando se realiza a *medida*. Esclarecendo a analogia, a *medida* consiste em verificar quais são os **objetivos** que efetivamente a proposta possui. Deve-se então analisar quais são as **justificativas** explicitadas pela proposta para trabalhar determinada ênfase e ainda, verificar se a proposta desenvolvida corresponde às justificativas colocadas previamente. As condições na qual ocorre o planejamento pode provocar com que as justificativas prévias acabem refletindo pouco nos objetivos efetivamente trabalhados na proposta.

Temos também que trabalhos diferentes que possuem uma mesma ênfase podem ter uma visão diferente, a depender das justificativas. Por exemplo, é muito sugestivo encaixarmos a discussão de NdC na ênfase Filosófica-Cultural, mas uma proposta de NdC

pode estar posicionada mais próxima da visão I, da visão II ou em um meio termo, como explicitaremos futuramente. Por outro lado, algumas ênfases são extremamente prováveis de estarem associadas à uma dada visão, como por exemplo a Formal na visão I. Nesse sentido, a possibilidade de se trabalhar diferentes ênfases em uma mesma proposta se dá devido às diferentes posições que cada ênfase pode possuir, que em alguns contextos podem estar bem próximas. Entretanto, isso não permite tudo. É improvável que exista uma ênfase formal na visão II, e é muito improvável que seja possível realizar uma proposta (em torno de 1 a 10 aulas de 50 minutos) que dê ênfase, ao mesmo tempo, a CTSA-QSC e a Formal, fazendo com que a  *fusão a frio* resulte em fracasso (GURGEL, 2020, p.335).

Definimos como **projeto formativo** o conjunto de objetivos que se pretende atingir na formação dos estudantes ao final de uma proposta didática. As justificativas para esses objetivos, conscientemente ou não, estão associadas à alguma noção de currículo. Nesse sentido, defende-se que num mundo tão complexo quanto o contemporâneo, é importante que ao longo da educação básica os estudantes interajam com propostas que percorram todas as ênfases citadas anteriormente, e, portanto, tenham diferentes projetos formativos. Entretanto, a busca por justificar um dado projeto formativo, provavelmente acarreta em justificativas com razões distantes e por vezes contraditórias quando comparados entre si.

O que resta é que, na dimensão teórica, para o “*grande projeto*” da escola que congrega todos os anos de um estudante, o princípio da não-contradição não é válido, uma vez que agora ele consiste de uma somatória de projetos diferentes, que por vezes são contraditórios. Entretanto, para cada projeto, o princípio da não-contradição deve ser respeitado, o que evita problemas práticos, já que um projeto formativo é implementado a cada momento.

Dado esse panorama, eis a nossa postura nesse modesto texto curricular. Ela não é *conservadora*, uma vez que é contra ao que comumente acontece no ensino de física tradicional<sup>14</sup>. E ainda, acompanhando a discussão de Menezes (2009), ela também não é *revolucionária*, uma vez que conserva, em boa medida, a visão I da educação científica. Ela é então, *reformista*, buscando uma conciliação entre esses dois lados. Conserva-se a importância da escola enquanto instituição que desempenha papel fundamental acerca do conhecimento que deve ser comum à boa parte da população, mas transforma a partir da implementação de um conhecimento novo (FMC) aliada à NdC, que já tem sido amplamente utilizada nos trabalhos contemporâneos de ensino de FMC. Essa aliança da FMC com a NdC possibilita ainda outros projetos formativos. A seguir, discutiremos um desses projetos formativos, visando uma proposta que trabalhe as ênfases: **Epistemológica-Conceitual, filosófica-cultural e habilidades científicas**. A partir daqui, adotaremos as discussões de

---

<sup>14</sup> Acompanhando Pessanha (2023, p.18), definimos *ensino tradicional de física* como “[...] formas de ensino e gestão da aula que empregam abordagens e metodologias que não resultam em uma participação ativa dos alunos, são desvinculadas da realidade dos alunos, incorporam uma noção de aprendizagem como transmissão de conhecimentos (tábula rasa) e, em um caso mais extremo, utilizam métodos mecânicos como o catequético, a exaustiva cópia de conteúdos colocados na lousa, além da leitura de livros texto sem as necessárias reflexão e discussão.”

um referencial específico para justificar essas ênfases escolhidas, bem como descrever em que sentido devemos entendê-las.

## 1.1 – Uma discussão curricular que abraça o conhecimento da FMC

No nosso modesto texto curricular, adotaremos a distinção proposta por Young (2011):

A primeira ideia diz respeito a *currículo*, que se refere ao conhecimento que um país considera importante que esteja ao alcance de todos os estudantes. A segunda ideia diz respeito à *pedagogia*, que, em contraste, se refere às atividades dos professores para motivar os alunos e ajudá-los a se engajarem no currículo e torná-lo significativo. (YOUNG, 2011, p.612, grifo no original)

A premissa da nossa argumentação é que a FMC é um conhecimento poderoso, que deve ser ensinado buscando promover o engajamento dos estudantes com o conhecimento e, portanto, é necessário explicitar a sua base epistemológica, entendida aqui como Natureza da Ciência (NdC). Nessa seção, discutiremos sobre a NdC. Mas antes disso, algumas proposições precisam ser apresentadas.

A primeira é que na teoria curricular à qual nos aliamos, se defende a tese de que, ao menos para a nossa sociedade, há conhecimentos melhores do que outros<sup>15</sup> (NORONHA, 2018, p.154). Esses conhecimentos melhores se revelam com um discurso vertical, com linguagens especializadas, modos específicos de investigação e critérios específicos de validação (*ibid*, p.155). Como o currículo requer uma escolha, esses seriam os conhecimentos escolhidos para a escola, em detrimento dos conhecimentos locais, sendo que os locais teriam um grande valor do ponto de vista didático-pedagógico. Em outros termos, é um currículo global ao invés de local. O currículo deve possibilitar ao estudante **ir além**: “[...] o ponto para Young é que, para a educação ser emancipadora, ela deve *romper* com experiências individuais, não ser inteiramente pautadas nestas.” (NORONHA, 2018, p.165, grifo no original).<sup>16</sup>

Por outro lado, como aponta Noronha (2018, p.159), o desafio dessa literatura é: como promover um currículo centrado em conhecimentos poderosos ao mesmo tempo que seja diferente de um currículo conservador, neoconservador ou técnico instrumentalista? É nesse cenário que entra a proposta de Young quanto aos conhecimentos poderosos. Apresentamos a seguir uma definição que não pretende ser exaustiva nem absoluta:

<sup>15</sup> O que, de forma alguma, implica na imposição dessa forma de ver o mundo em outras sociedades (como as indígenas).

<sup>16</sup> Apesar dos conhecimentos locais (ou horizontais) terem um caráter de construção social, eles ainda são fortemente dependentes de construções individuais – veja Noronha (2018) p.153-169.

[1 – Um conhecimento poderoso] provê explicações confiáveis e, em um sentido brando, “testáveis” de modos de pensamento; (...) [2 – Um conhecimento poderoso] é a base para sugestões alternativas realistas; (...) [3 – Um conhecimento poderoso] possibilita àqueles que o adquire verem além de suas experiências diárias; (...) [4 – Um conhecimento poderoso] é conceitual-teórico, mas também baseado em evidências e experiências; (...) [5 – Um conhecimento poderoso] é sempre aberto a desafios; (...) [6 – Um conhecimento poderoso] é construído em instituições educacionais especializadas, composta por especialistas; (...) [7 – Um conhecimento poderoso] é organizado em domínios com fronteiras que não são arbitrárias, e esses domínios são associados a comunidades especialistas em termos de assuntos específicos ou associações profissionais; (...) [8 – Um conhecimento poderoso] é quase sempre baseado em disciplinas (YOUNG apud BECK apud NORONHA, 2018, p.179).

Como se percebe, muitas dessas características são dependentes da discussão *sobre* o conhecimento, que realizaremos posteriormente. Essa é, fundamentalmente, uma defesa epistemológica, mas que também é uma atitude política, por diferentes razões. A primeira, é que é preciso ver a realidade de forma diferente para poder romper com ela (NORONHA, 2018, p.164). Sem isso, a genuína inclusão social e participação política não ocorre. Um exemplo mais simples é que um estudante da camada mais frágil da sociedade dificilmente irá cogitar ser um cientista se não conceber a possibilidade de poder sê-lo, enquanto que essa possibilidade de alguma forma esteve aparente para estudantes de escolas com um ‘currículo mais forte’, que é o caso das escolas particulares de elite e classe média alta.

Uma outra razão (que está conectada com a primeira), é que se estabelece então o compromisso com a justiça social, no sentido de que existem “[...] ‘direitos pedagógicos’ dos estudantes para crescimento individual, inclusão social e participação política, e que o acesso ao conhecimento é central para a contribuição educacional no combate às desigualdades [...]” (NORONHA, 2018, p.164). Negar o direito ao acesso aos conhecimentos poderosos configuraria uma violação ao princípio de equidade educacional (*ibid*, p.165).

Entretanto, para um país como o Brasil, um currículo para **todos** pode carregar problemas, por ser um país com uma diversidade cultural muito rica. Abordaremos sobre um currículo que pode ser comum à boa parte dos estudantes das regiões urbanas. Na presente discussão, privilegiamos um papel para a escola relacionado ao desenvolvimento intelectual dos alunos, tendo objetivos políticos mais modestos, contrariando abordagens da visão II que estabelecem ou objetivos pontuais ou objetivos muito grandes para o ensino,



cujas vias para alcançá-los não somente são nebulosas, mas também não dão conta de problemas como:

- (i) Desigualdade educacional quanto ao desenvolvimento intelectual
- (ii) Identificação dos professores com a disciplina em que são formados e
- (iii) Desvalorização do conhecimento na sociedade brasileira.

Uma das distinções entre esse currículo defendido e o currículo conservador está no protagonismo da dimensão epistemológica. No restante da seção, investigaremos a seguinte questão: se a FMC é um conhecimento poderoso, como devemos entender sua dimensão epistemológica no contexto educacional? Para isso, discutiremos sobre a NdC.

Não há uma definição consensual sobre o que é a NdC. Em geral, seu objetivo é didatizar os conhecimentos obtidos a partir das disciplinas que falam *sobre* a ciência (filosofia, história, sociologia, etc.). Moura (2014) sugere a seguinte resposta limitada:

[...] estudar a natureza da Ciência significa compreender como o homem constrói o conhecimento científico em cada contexto e em cada época, tendo como base suas concepções filosóficas, ideológicas e metodológicas. (MOURA, 2014, p.37)<sup>17</sup>

Um argumento comum para a inserção da NdC é que ela possibilita uma melhor compreensão pública da ciência, de forma que os estudantes entendam o empreendimento científico, seus objetivos e a natureza do conhecimento produzido. Isso possibilita compreender o poder e as limitações das alegações científicas, algo que é necessário para lidar adequadamente com os produtos da ciência e da tecnologia, possibilitando a participação plena em uma democracia moderna (DRIVER *et al.*, 1996, p.1).

Aceitando esse argumento, restam problemas sobre *como ensinar* a NdC e *o que ensinar* da NdC. No contexto do Ensino de Ciências (EC), o primeiro artigo sobre NdC foi publicado em 1907, mas as pesquisas ganharam força a partir de 1950 (LEDERMAN, 2018), período em que também se intensificou o anseio por mudanças curriculares (KRASILCHIK, 1987), sendo que algumas dessas propostas como o *Physical Science Study Committee* (PSSC), foram base para pesquisas empíricas sobre a NdC, buscando comparar a distinção da apreensão da NdC dos estudantes do PSSC e do ensino tradicional da época (LEDERMAN, 2007). Enquanto campo de pesquisa do EC, a NdC teve diferentes abordagens e trabalhou em diferentes problemas de pesquisa.

É nesse contexto que surge a *Visão Consensual da Natureza da Ciência* (VCNdC), associada principalmente aos trabalhos de Lederman e colaboradores e de McComas e colaboradores (NORONHA, 2018; MOURA 2014; MENDONÇA, 2020). Essa abordagem se caracteriza por tentar identificar no oceano de diferentes posições, quais afirmações sobre a

---

<sup>17</sup> A nosso ver, essa definição é muito ampla e informa pouco sobre como a NdC se manifesta nos diferentes trabalhos, além de implicar que a NdC é toda proposta que utilize História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC). Mas é melhor do que não apresentar definição alguma.

ciência poderiam ser consensuais, explicitando-as através de textos curtos, que formariam as diferentes características da ciência. Seu grande valor está então em como didatizar a NdC de forma que seja possível que ela esteja presente na sala de aula. O quão curto são esses textos depende do autor, por exemplo Kimball (1967) apresenta para cada característica um texto que cabe em duas linhas. Lederman (2007), por outro lado, apresenta em torno de um parágrafo para cada característica, que nós denominamos como: (I) Diferença entre observação e inferência, (II) Distinção entre Leis científicas e Teorias científicas, (III) Conhecimento científico envolve imaginação e criatividade, (IV) Conhecimento científico é subjetivo e/ou dependente da teoria (*theory-laden*), (V) A ciência é um empreendimento humano imerso em uma cultura, (VI) O conhecimento científico nunca é absoluto ou certo e (VII) A investigação científica é importante para a NdC, mas a NdC não se resume à ela.

Por ser um consenso e ser um texto curto, existe a possibilidade dessa abordagem estar presente em posições que defendem um currículo para um grande número de escolas e ainda, posições que aceitam isso e apreciam avaliações de larga escala (como o PISA), quase que avaliando se os estudantes *memorizaram* essas características (NORONHA, 2018). Entretanto, a ideia de *memorização* não parece ser a proposta de seus defensores, embora o fornecimento do texto curto aos professores possa induzir a isso.

Um dos embates da NdC é acerca de seu vínculo com a investigação científica: seriam duas coisas distintas? Se sim, existe alguma dependência? Para Lederman (2018) a NdC estaria associada às *características do conhecimento científico*, onde estas estão vinculadas ao *desenvolvimento científico*, conforme já explicitado em seu trabalho de 2007. Lederman (2007) distingue a NdC da investigação, embora reconheça que através da investigação talvez seja a melhor forma para ensinar NdC. Para Lederman (2018), essa distinção é útil pois ele aponta que embora o então novo currículo dos Estados Unidos traga *investigação científica*, é contingente se a NdC estará presente nas salas de aula, o que lhe preocupa pois, dentre outras coisas, há habilidades úteis para a vida em sociedade, depois da escola, que são desenvolvidas a partir de aprender **sobre** a *investigação científica* (e não somente **fazer** investigação científica) e a NdC. Lederman entende que fazer ciência é um meio para alcançar um fim (compreender a investigação científica e a NdC). Outros autores, como Duschl e Grandy (2013), apontam que essa distinção é meramente artificial.

Notamos um indicativo de consenso sobre a importância da investigação científica para ensinar NdC – entretanto, para Lederman, isso é mais atrelado à *pedagogia* do que ao *currículo*. Cabe citar que para Lederman (2007) essa lista de características não é única - pode-se acrescentar ou tirar algumas características, desde que não se faça grandes descaracterizações.

Outros autores afirmam que a VCNdC tem um viés essencialista (MEDONÇA, 2020), deixando de lado a heterogeneidade das diferentes disciplinas científicas que possuem práticas muito diferentes atreladas a cada enunciado, sendo que alguns enunciados não são

pertinentes dependendo da disciplina científica que está sendo analisada<sup>18</sup> (NORONHA, 2018; MOURA, 2014; MENDONÇA, 2020). A abordagem da **semelhança de família** busca lidar com essa crítica das diferenças entre as ciências. Ela é inspirada a partir do austríaco filósofo da linguagem Ludwig Wittgenstein na segunda fase de seu pensamento. Nela, não se assume uma essência pertencente à todas as ciências, mas as ciências teriam características semelhantes. É interessante notar que a crítica à essencialidade pode ser encarada como uma crítica à própria filosofia da ciência.

Por outro lado, intrínseco à VCNdC (de forma consciente como um custo dessa forma de didatizar), embora diferentes filósofos possam afirmar que aqueles enunciados são verdadeiros, o significado que eles atribuem por vezes é bem distinto (MENDONÇA, 2020; NORONHA, 2018). Esse fato é especialmente importante no contraste de diferentes filósofos da ciência com aqueles da fase historicista (MOULINES, 2020), em que se busca apontar uma certa contingência do conhecimento científico, manifestados nas características IV (Conhecimento científico é subjetivo e/ou dependente da teoria (*theory-laden*)), V (A ciência é um empreendimento humano imerso em uma cultura.) e VI (O conhecimento científico nunca é absoluto ou certo.) (NORONHA, 2018), e pode provocar nos filósofos um grande desconforto (ver CHAKRAVARTTY, 2021)<sup>19</sup>.

Mesmo numa boa versão da VCNdC, que dedica explicitar melhor o que se entende por cada uma dessas características (ver LEDERMAN, 2007), sempre restam pontas em aberto. Qual é o lugar da objetividade se o conhecimento científico é subjetivo? Se a ciência tem fatores políticos, sociais e etc., por quê confiar na ciência? Se o conhecimento científico nunca é absoluto ou certo, para que serve a ciência de base que não tem claras aplicações tecnológicas? Em sua tese, Noronha (2018) questiona a adesão de teses relativistas ao ensino de ciências e suas conseqüentes implicações. É curioso notar que se destaca como característica da ciência a subjetividade (e se faz uma série de ressalvas) e não a objetividade (e então fazer uma série de ressalvas). Por outro lado, do ponto de vista da VCNdC, poder-se-ia elaborar uma lista semelhante utilizando termos que valorizem a ciência. Mas aí teríamos o efeito contrário: cairíamos num cientificismo. É justamente a própria simplicidade que está sendo problematizada. Ela é poderosa para a didatização, porém problemática.

Ainda sobre a questão do relativismo<sup>20</sup>, Mendonça (2020) a partir de seu levantamento, prescreve que o ensino de ciências deveria tomar dois pontos de partida,

---

<sup>18</sup> “Por exemplo, as geociências são fundamentalmente interpretativas e históricas ao invés de experimentais, e objetivam explicar muitos eventos do passado a partir da proposição de modelos causais. Mesmo dentro da própria disciplina os modos de investigação e objetivos podem ser bem distintos. Por exemplo, algumas áreas da química orgânica têm um forte viés experimental com o objetivo de sintetizar novas moléculas e substâncias e análise de várias de suas propriedades a partir de métodos físicos e químicos. Por outro lado, a química teórica utiliza de técnicas computacionais e modelos matemáticos na tentativa de previsão de novas moléculas e seus comportamentos.” (MENDONÇA, 2020, p. 6)

<sup>19</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=OJcz52cHb88>

<sup>20</sup> Numa visão simples, o relativismo pode ser entendido como “A verdade é uma construção cultural ou social, sendo portanto relativa a uma determinada cultura, e que pode variar de época para época, mesmo no caso das ciências

sendo um deles que “[...] a ciência não deve ser encarada na educação em ciências como um modo de conhecimento superior aos demais, mas como uma forma de saber, [...]” (p.10), afirmação que se aproxima do posicionamento de Cunha (2017), bem como de Lima e Nascimento (2022, grifo nosso)

“Professores de disciplinas científicas precisam estar cientes de que as ideias difundidas em suas aulas irão interagir com sujeitos sócio-historicamente localizados, cada um com diferentes origens sociais e diferentes processos de socialização. Isso exige que esses professores desenvolvam uma educação dialógica (Freire, 2018), centrada na **horizontalidade do conhecimento** e no respeito aos diferentes pontos de vista.

A questão que fica é: a postura *horizontal* com relação à ciência é *pedagógica* ou *curricular*? Se for curricular, do ponto de vista do conhecimento, por que então ensinar ciência e não qualquer outra forma de conhecimento?

Afirmar que a ciência é a *melhor forma*<sup>21</sup> de obter conhecimento para a nossa sociedade<sup>22</sup> dentro dos objetos que ela busca estudar não implica em ações de *menosprezo* à outras formas de saber, uma vez que a atitude do menosprezo está mais relacionada à *pedagogia*, e ela certamente ‘afasta’ o estudante com alguma concepção conflitante (ex: terra plana). Muito menos implica em acatar cegamente toda nova afirmação produzida a partir da ciência ou retirar as *condições* de produção do conhecimento: somos humanos, vivemos em sociedade e estamos sujeitos à todas as influências que aparecem na lista de característica de Lederman (2007) (GIERE, 2006). Mas, a ciência se constrói em um regime de *intersubjetividade* (NORONHA, 2018) e é o fato dela ser uma construção coletiva e aberta às transformações, com a defesa de pretensões genuínas de conhecer, que a torna a melhor forma de obter conhecimento. Esses valores não são dados, mas foram (precisam) ser *construídos*<sup>23</sup>. Afirmamos que, na tomada de decisões políticas, a ciência deve ter espaço privilegiado para lidar com as questões que ela busca responder – acerca da eficácia do

---

naturais.” (<https://opessoa.fflch.usp.br/sites/opessoa.fflch.usp.br/files/FiFi-20-Cap03-Realismo-Verdade.pdf>, notas de aula do Osvaldo Pessoa Jr - acesso: 11/10/2022)

<sup>21</sup> Evidentemente, avaliar o que é melhor ou pior implica em impor algum critério. Os critérios dependem do caso que está sendo analisado. Para remédios, se avalia a eficiência do remédio a partir da estatística, bem como a explicação do funcionamento. Para o formato da Terra, se avalia as evidências, previsões, coerência interna e justificativas do argumento. Isso não implica dizer que os cientistas, individualmente, tomam decisões com base nesses critérios, mas que a ciência, enquanto comunidade, tem a pretensão de estabelecer esses critérios e realizar uma pressão para que sejam seguidos.

<sup>22</sup> “para a nossa sociedade” serve tanto para justificar os critérios – uma vez que outra sociedade poderia, por exemplo, priorizar a correlação da afirmação com alguma vontade individual em detrimento de critérios objetivos. Contemporaneamente, isso tem sido fragilizado, uma vez que não é algo *dado*, mas sim *construído*.

<sup>23</sup> Em “A parte e o todo”, Heisenberg descreve sua primeira angústia quanto a esse ponto, na qual um renomado físico panfletava contra a relatividade geral – segundo ele, por motivações políticas.

método de prevenção à doença, por exemplo. Entretanto, as decisões coletivas devem ser tomadas levando em consideração outras questões, que fogem do campo científico – deve-se ou não *obrigar* as pessoas a tomar vacina? Deve-se ou não *obrigar* as empresas a fecharem em meio a uma pandemia em que não há vacinas? As respostas a essas questões envolvem uma série de outros saberes, inclusive, a ética. Essa posição parece convergir com a proposta de Lima & Nascimento (2022), sem, com isso, tomar como base uma epistemologia controversa, que por vezes é acusada de ser relativista, como a de Bruno Latour<sup>24</sup>.

Diante desse cenário, a nossa proposta visará trabalhar a NdC na perspectiva dos *Modelos Científicos*, uma vez que na filosofia da ciência essa abordagem tenta aproveitar as boas críticas da tradição historicista e evitar aquelas que talvez tenham ido longe demais. *Modelos científicos* é uma discussão que ganhou força durante a segunda metade do século XX, sendo que uma simplificação introdutória seria afirmar que modelos científicos atuam na mediação entre teoria e mundo, sendo representações de teorias e/ou de objetos do mundo (GILBERT & BOULTER, 2000). Essa discussão se desenvolveu em diferentes campos de pesquisa, como a Educação Científica e a Filosofia da Ciência. Na revisão de Machado & Fernandes (2021), quanto aos trabalhos de ensino, 63% tem como campo principal a discussão da própria educação científica, enquanto que 20% tem como campo principal a filosofia da ciência.

O papel dos modelos no ensino pode ter como foco o *produto* advindo de uma *investigação* ou as próprias *características da ciência* que aparecem nesse processo (como imaginação, abstração, observação, inferência e etc.), sendo que isso é possível para uma mesma proposta. É por isso que, alguns autores que trabalham com NdC e modelos, afirmam que a distinção da VCNdC entre investigação e NdC é meramente artificial (DUSCHL & GRANDY, 2013). Neste trabalho, investigação é entendida tanto em um laboratório, em que é possível dar diferentes graus de liberdade para os estudantes, quanto por meio de uma narrativa contada, por vezes envolvendo atividades de lápis e papel (CARVALHO, 2018). Por vezes, os trabalhos envolvendo atividade de lápis e papel são configurados como ensino do **raciocínio científico** (como por exemplo GIERE, 2001). A investigação é feita quando se cria condições em sala de aula para os estudantes pensarem (considerando a estrutura do conhecimento), falarem (evidenciando argumentos), lerem e escreverem (mostrando autoria) (CARVALHO, 2018, p. 766). Denominamos Investigação Científica aquela que tem como domínio os conteúdos típicos da ciência, e não aquelas que apenas buscam evidenciar algum valor ou conduta associada a ciência, sem utilizar seus típicos conteúdos.

Um exemplo de como as *características da ciência* evidenciadas pelos modelos aparecem na Investigação Científica. Coll, France e Taylor (2005) realizaram um

---

<sup>24</sup> É interessante explicitar que o exercício intelectual realizado por Lima e Nascimento buscava responder: “por que devemos confiar na ciência, ainda que adotemos Latour?”. Não necessariamente os autores estão defendendo a visão de Latour. Por outro lado, o próprio Latour contesta (ou complexifica o significado) ser relativista – veja, por exemplo, o texto “Como terminar uma tese de sociologia: pequeno diálogo entre um aluno e seu professor (um tanto socrático).”, de Bruno Latour.

levantamento sobre o papel dos modelos/analogias no ensino de ciências. Uma parte generosa do que os autores apresentam está associada à *pedagogia*. Do ponto de vista curricular, um primeiro ponto que os autores apresentam é que dada a sua importância na ciência, os modelos podem auxiliar em promover um ensino de ciências mais autêntico. Um outro ponto que os autores apresentam é que os alunos podem discutir como os modelos expressos (modelos mentais que são expressos através da fala, escrita ou outros símbolos) são discutidos dentro da ciência até chegar a uma decisão consensual sobre ele. Nesse sentido, também é possível com os estudantes praticar o estabelecimento de critérios para avaliar um fenômeno. Dessa forma, os alunos podem adentrar em discussões sobre a prática científica.

Ainda em Coll, France e Taylor (2005), os autores apontam que abordagens de investigação podem não ser frutíferas para evidenciar as dimensões culturais, sociais e afetivas da ciência. E ainda, os autores relatam que algumas investigações empíricas sugerem que durante abordagens baseadas na investigação científica, os estudantes compreenderem o conhecimento de forma cientificamente correta não implica eles entenderem o processo científico de forma adequada (e vice-versa).

Em suma, a visão consensual na literatura sobre o trabalho em grupo na ciência a partir de uma perspectiva da teoria da aprendizagem sociocultural ou socioconstrutivista parece sugerir que às vezes é necessário estar menos preocupado com a compreensão dos alunos que não são cientificamente precisos. Nessa visão, é importante, pelo menos inicialmente, permitir que eles experimentem como é construir modelos originais, teorias e explicações da maneira que os cientistas fazem (Hogan, 1999b). (COLL, FRANCE & TAYLOR, 2005, p. 192, tradução nossa)

Essa forma de utilizar a abordagem de modelos para privilegiar os aspectos da NdC e não se preocupar com o conhecimento científico encontra diferentes adeptos e manifestações bem distintas, como por exemplo, Aduriz-Bravo (2014) sugere a utilização de narrativas históricas que comumente não são associadas ao espectro do conhecimento científico – o exemplo do autor é a utilização de uma história de “Tales of the unexpected”, que é uma série de TV com tons sinistros e ironicamente cômicos, com finais inesperados<sup>25</sup>. As atividades desse autor e as propostas do levantamento de Coll, France & Taylor (2005) que não se preocupam com o conhecimento científico seriam exemplo de outros tipos de Investigações que não categorizamos como Investigações Científicas.

Resgatando alguns pontos da discussão. A VCNdC inicialmente surge com destaque para didatizar a NdC. A própria noção essencialista de haver uma NdC para toda a ciência é contestada; surge a necessidade de abordagens mais modestas, com elementos que seriam

---

<sup>25</sup> Informações a partir de [https://en.wikipedia.org/wiki/Tales\\_of\\_the\\_Unexpected\\_\(TV\\_series\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tales_of_the_Unexpected_(TV_series))

*semelhantes* para as diferentes ciências, mas cuja manifestação precisa ser explicitada a depender do referencial escolhido e da disciplina. A proposta de uma *mensagem* entregue aos professores por parte da VCNdC pode induzir à memorização, que tem pouco valor formativo, além de uma simplificação ruim, que induz ao cientificismo ou relativismo. A abordagem de modelos dá conta desses problemas; nela a distinção entre NdC e *investigação*, além de ser artificial, não é útil. Mas a abordagem de modelos, do ponto de vista curricular, pode ser trabalhada sem o conteúdo científico. Resta responder: Especificamente, como a nossa proposta curricular se articula nesse cenário?

## 1.2 – Os outros caminhos

As insatisfações com a VCNdC, bem como a abordagem de modelos, podem levar para diferentes caminhos, que não são o que percorremos. Buscando tecer relações e, principalmente, dar clareza à discussão, a seguir discutiremos alguns deles, afim de relacionar futuramente com a nossa proposta.

### 1.2.1 – Demandas Práticas Individuais

Partindo da visão II, poderíamos encontrar defesas do valor do conhecimento científico para resolver demandas práticas. Alguns exemplos mais diretos seriam atrelados ao próprio consumo de alimentos, como por exemplo: é melhor amamentar ou dar mamadeira à um bebê? Isso estaria atrelado às preocupações do estado em diminuir a mortalidade infantil e melhorar a saúde pública (SHEN, 1975).

Embora seja uma proposta atrelada ao conhecimento<sup>26</sup>, é um conhecimento de *fatos*. Contemporaneamente, um ensino baseado em fatos parece ter pouco valor. Com o avanço da tecnologia, vivemos um dilúvio informacional (LEVY, 2010). Levy (2010) é enfático e descreve inúmeros casos que ilustram bem que com a internet o acesso à informação foi facilitado, em que membros de diferentes comunidades e redes sociais estão dispostos a solucionar dúvidas. Levy (2010) também descreve como o crescimento e barateamento da tecnologia foi exponencial e em pouco tempo se popularizou para diferentes camadas sociais. Hoje 74% dos brasileiros contam com acesso à internet<sup>27</sup>, porcentagem bem maior do que em relação ao tratamento de esgoto, que apenas 53% dos brasileiros possuem<sup>28</sup>. Evidentemente, é necessário que esse acesso seja total, sendo um problema que o estado e o meio privado precisam se atentar, dada a importância da internet. Mas considerando o histórico recente, a preocupação com aqueles que tem dificuldade de acesso à informação

---

<sup>26</sup> Young (2011) argumenta de forma diferente quanto ao ensino de fatos, que concordamos e abordaremos na seção 1.3.

<sup>27</sup> Notícia [agencia brasil](#) (manchete: “Um em cada 4 brasileiros não tem acesso à internet, mostra pesquisa”)

<sup>28</sup> Notícia [globo](#) (manchete: “Raio X do saneamento no Brasil: 16% não têm água tratada e 47% não têm acesso à rede de esgoto”)

parece ser mais um problema de universalizar o acesso à internet do que um problema curricular da escola, embora talvez algumas ações pontuais sejam necessárias.

Entrando nos argumentos da NdC, já nesse contexto, alguns<sup>29</sup> podem alegar que aprender as práticas epistêmicas da ciência poderia ajudar os estudantes a lidarem com esse dilúvio de informações (aqui, em sentido amplo, para além de informações científicas), transpondo as práticas epistêmicas da ciência e utilizando de maneira análoga para selecionar qual informação é pertinente. No entanto, essa defesa é criticada por simplificar a investigação científica (DRIVER *et al*, 1996). Fazer uma boa pesquisa no google, selecionando uma informação dentro de milhares tem poucos paralelos com a prática científica; as contribuições da EC para essas ações parecem ser bem indiretas. Se esse realmente for um objetivo a ser cumprido, melhor seria uma proposta específica para este fim.

Por outro lado, na ciência existem informações que são alvo de controversas, especialmente nos assuntos científicos que estão mais diretamente ligados ao lucro. Nesse contexto, Driver *et al* (1996) traz outros argumentos mais interessantes. Algumas decisões práticas envolvem diretamente o conhecimento científico. Nesse sentido, realizar uma boa avaliação e tomar um posicionamento adequado demanda não somente ter acesso ao conhecimento, mas compreender seu poder e sua limitação: afinal, devo ou não tomar esse remédio para essa nova doença? -, ter conhecimento sobre as características da ciência pode auxiliar a tomar boas decisões individuais.

## 1.2.2 - Demandas Práticas Coletivas

A pergunta dessa subseção é: Como a educação científica pode contribuir para a solução de problemas coletivos?

Muitas decisões políticas têm uma dimensão científica. As decisões são tomadas em vários níveis, do local ao nacional, sobre eliminação de resíduos, política energética, engenharia genética, emissões de dióxido de carbono e assim por diante. (DRIVE *et al*, 1996, p.18, tradução nossa)

Para a solução dessas questões sociocientíficas, na literatura de NdC há concepções distintas, mas com um núcleo argumentativo semelhante: embora os *experts* sejam os mais preparados para elaborar um projeto com impacto social, a questão de *se* esse projeto deve ser implementado deve ser tomada junto com os outros cidadãos e seus representantes (SHEN, 1975). Também se reconhece que é necessário algum conhecimento científico para

---

<sup>29</sup> Drive *et al* (1996) cita a abordagem *process approach*, que se encaixaria nessa pretensão. Sasseron (2019) ao discutir para quem ensinar ciências, inicia sua argumentação apontando para esse caminho, muito embora, a nosso ver, seu posicionamento ao final caminha para versões mais próximas do “utilitarismo” presente nos parágrafos seguintes e na próxima subseção.



participar efetivamente, ainda que ele por si não seja suficiente, necessitando também a compreensão de elementos da NdC (HODSON, 2018; DRIVE *et al*, 1996).

Como, perguntam Collins e Shapin (1986), o público pode interpretar as discordâncias entre especialistas científicos se o conhecimento científico é visto como informação segura e confiável, “lida no livro da natureza”? Eles concluem que “os cientistas, ao que se pensa, são todos incompetentes, ou mentirosos, ou intelectuais disponíveis para serem contratados por grupos de interesse poderosos” (p. 76), e que isso “gerará uma desilusão profunda sobre o que é considerado ciência como um todo” (p. 75).” (DRIVE *et al*, 1996, p.18, tradução nossa)

Portanto, trabalhar Questões Sociocientíficas (QSC) também pode estar atrelado a preparar o aluno a lidar melhor com a discordância científica em assuntos de política pública, esbarrando em questões sobre por que confiar na ciência. Essa abordagem exige um “alternar” entre o interno “qual evidência apoia a reivindicação?” e o externo “quem financiou essa pesquisa” (HODSON, 2018), o que exige cautela para a formação dos estudantes não passarem de “o cientista é um humano com interesses individuais imerso numa cultura” para “o cientista não possui idoneidade moral”.

Por outro lado, consideramos que Hodson (2018) é um exemplo de defesa ‘mais enfática’ deste posicionamento. Desenvolver a capacidade de ação sociopolítica dos estudantes implica não somente objetivar a formação moral deles, mas reconhecer que “não é suficiente que estudantes sejam críticos de sofá!” (HODSON, 2018, p. 45).

“Com isso em mente, tenho muita simpatia pela noção de cidadão científico radical de Elam e Bertilssons (2003, p. 245):

O cidadão científico radical está totalmente preparado para participar em manifestações [...] marchas de rua, boicotes e resistências pacíficas e outros meios de confrontar publicamente aqueles que governam sobre ciência e tecnologia [...]” (HODSON, 2018, p.46)

Hodson (2018) argumenta que os estudantes se tornarão ativistas “se eles se sentirem emponderados para efetuar mudança” (p.46), e que a probabilidade de os estudantes tomarem ações apropriadas aumentaria. Dentre as ações citadas, destacamos: escrever para jornais, organizar petições e reuniões da comunidade, fazer cartazes e folhetos, protestar, instituir programas de reciclagem de vidro, papel e latas de alumínio, plantar árvores, construir uma horta comunitária, criar um programa de almoço livre que não produza lixo. (p.46).

Hodson (2018) é consciente de que ações diretas (como limpar a praia) até podem ter algum impacto significativo, porém, ela pode desviar o foco para os reais causadores disso,

transferindo as responsabilidades para os indivíduos. Ele também descreve o que seriam ações indiretas (distribuição de folhetos, escrever para jornais). Destacamos dois trechos finais do posicionamento de Hodson (2018)

Muitos professores consideram que evitar questões controversas, especialmente aquelas com dimensões políticas muito significativas, é assumir uma posição neutra. **Na realidade, não é neutra. Porque ela falha ou deixa de enfrentar e desafiar as causas sociopolíticas subjacentes dos problemas ambientais**, por exemplo, ela suporta implicitamente práticas sociais vigentes, as instituições e os valores atuais. **Não existe tal coisa como não envolvimento político.** Não envolvimento é, em si, uma forma de envolvimento pelo que é padrão, pelo que é norma e constitui, assim, um apoio implícito à ideologia dominante. **Evitar questões políticas é, com efeito, deixar tais questões para que outros decidam.** (HODSON, 2018, p. 53, grifo nosso)

Claro, há professores que **vão argumentar que a politização não é uma meta legítima da educação em ciência e tecnologia** (ou de qualquer educação baseada na escola, na medida em que possa ser considerada) e que a ação sociopolítica não tem qualquer lugar na escola. **Abordar QSC controversas em sala de aula pode provocar a oposição de outros professores**, administradores escolares, pais e membros da comunidade local. Engajar os estudantes em ações sociopolíticas pode provocar ainda mais oposição. Apesar de que a reciclagem, a limpeza de praia, a construção de caixas-ninho ou o trabalho no banco local (local foodbank) ou em um abrigo para pessoas sem-teto podem ser ações consideradas seguras, benignas e não controversas, desafiar autoridades locais, organizar manifestações, realizar vigílias e organizar boicotes pode elevar os níveis de ansiedade dos pais, ofender a comunidade local e levar a uma oposição continuada. (HODSON, 2018, p.53-54, grifo nosso)

Lederman (2007) cita trabalhos de investigação empírica sobre o pouco impacto da NdC na tomada de ações, em que estas, por estarem vinculadas a uma série de outros fatores (moral, ético e etc.), não podem facilmente serem trabalhadas. Hodson (2018) parece estar atento a esse problema e por isso assume esse posicionamento, estando convicto desse ideal e jogando um ônus político para aqueles que “não enfrentam as causas sociopolíticas subjacentes dos problemas ambientais” e assim “suporta implicitamente práticas sociais vigentes, as instituições e os valores atuais.”

Poucos estão dispostos a negar o papel político da escola. Mas o viés político proposto por Hodson (2018) certamente é um passo a mais. Ele toma para a escola o ônus de resolver problemas sociais coletivos que diretamente não estão ao alcance dela, se não como um fim, ao menos como um meio. A nosso ver, há dois problemas principais nessa proposta de mudança do papel da escola: o **primeiro**, é a não identificação dos professores com esse projeto formativo, uma vez que são formados imersos numa disciplina. Para além dessa dimensão prática, também é necessária uma justificativa teórica bem elaborada para realizar uma mudança estrutural na formação dos futuros professores, sendo um dos elementos para o convencimento de mudanças nas universidades (que naturalmente irá esbarrar em conflitos). O **segundo**, é que os problemas que hoje reconhecemos como problema da escola, deixam de ter sequer uma tentativa de resolução: nenhuma outra instituição está preocupada com o desenvolvimento intelectual dos estudantes, fornecendo ferramentas para que possam tomar o mundo como objeto de estudo. Problemas ambientais, políticos e etc., possuem atuação de outras instituições com maior poder de mudança; vale lembrar também que para o crescimento de movimentos sociais (como o movimento feminista e o movimento negro) não foi necessária a atuação da escola, embora ela possa sim, em alguns momentos, contribuir para essas questões.

### 1.3 – O caminho que percorremos

O presente caminho visa diminuir o abismo cada vez maior entre as “duas culturas” (SHEN, 1975), isto é, a cultura científica e a cultura popular. Com isso, se busca diminuir a desigualdade de conhecimento daqueles que já estão imersos dentro da cultura científica (como por exemplo os cientistas e uma parcela dos acadêmicos) daqueles que estão praticamente fora dela, partindo da premissa que o conhecimento científico tem (ou deve ter) maior valor social na nossa sociedade.

Apesar dos objetivos serem mais próximos da Visão I, as *consequências* desse objetivo podem esbarrar na visão II. Uma delas é que esse ensino pode atingir os futuros líderes de opinião e tomadores de decisão de uma comunidade, o que a longo prazo pode afetar profundamente uma sociedade. Além disso, imersos na cultura científica, os estudantes poderiam identificar o que é ciência e o que é pseudociência (SHEN, 1975). Um terceiro ponto, é que:

Uma compreensão da ciência contemporânea também é importante. Isso envolveria conhecer a estrutura institucional e os processos da ciência, sua organização em disciplinas, subdisciplinas, grupos de pesquisa e assim por diante, seus métodos de financiamento, seus sistemas de reconhecimento e recompensa. Uma razão convincente pela qual essas ideias são importantes é

porque **a ciência exige recursos consideráveis da sociedade em geral**, justificando essas demandas em bases que vão do utilitário (no caso de muitas pesquisas médicas) **ao cultural (no caso da astronomia e física de altas energias)**. **O financiamento público na escala envolvida requer que o público compreenda e, principalmente, compartilhe os objetivos e aspirações do empreendimento científico e compreenda como os recursos são usados em nome da sociedade.** (DRIVE *et al*, 1996, p.19, tradução nossa, grifo nosso.)

A defesa pela ciência básica é também por influência do contexto intelectual dos projetos de raios cósmicos, discutido mais profundamente no capítulo 2, em especial na seção 2.2.

Para além dessas consequências positivas, sugerimos que ter como objetivo a redução entre as duas culturas está profundamente conectado ao desenvolvimento intelectual dos estudantes, proposto por Young (2011). O autor argumenta que adere ao posicionamento *radical* em relação ao conhecimento, pois busca lidar com um problema que boa parte dos países enfrentam: a desigualdade social na educação (como discutimos anteriormente).

[...] o desenvolvimento intelectual é um processo baseado em conceitos, e não em conteúdos ou habilidades. Isso significa que o currículo deve ser baseado em conceitos. Entretanto, conceitos são sempre sobre alguma coisa. Eles implicam alguns conteúdos e não outros. O conteúdo, portanto, é importante, não como fatos a serem memorizados, como no currículo antigo, mas porque sem ele os estudantes não podem adquirir conceitos e, portanto, não desenvolverão sua compreensão e não progredirão em seu aprendizado. (YOUNG, 2011, p. 614)

Nos trabalhos que consultamos, Michael Young não define claramente o que entende como desenvolvimento intelectual, apesar de em inúmeros momentos trazer propostas de Vygotsky, o que nos faz pensar que sua concepção de desenvolvimento intelectual está associada à desse autor. O psicólogo Vygotsky (1988) discute que o desenvolvimento intelectual está relacionado com a aprendizagem, mas como essa relação muda a depender de cada pesquisador, o significado também é diferente.

A partir de Vygotsky (1988), entendemos que para o autor, o desenvolvimento intelectual pode ser inferido através de testes que envolvem, por exemplo, as crianças realizarem diferentes tarefas. Entretanto, a novidade de sua abordagem é que esse estado de desenvolvimento deve ser analisado em dois níveis: o nível de desenvolvimento mental da criança e o nível de desenvolvimento potencial. A zona de desenvolvimento potencial está atrelada, por exemplo, ao que a criança consegue realizar a partir do auxílio de adultos. Nesse

sentido, duas crianças em que testes inferiram ter a mesma idade mental (de 7 anos) – ou seja, o mesmo desenvolvimento mental -, podem ter um nível de desenvolvimento potencial diferente, uma vez que com auxílio de adultos, uma criança pode passar a concretizar tarefas de um desenvolvimento mental de 9 anos, enquanto que a outra se restringe a de 7 anos e meio.

Nesse ponto, é importante esclarecer que para Vygotsky (1988), aprendizagem é diferente de desenvolvimento. A aprendizagem ocorre a partir da complexificação das concepções prévias dos estudantes, no qual esses conceitos iniciais dão espaço aos conceitos científicos – o que não significa ser um processo linear nem de acumulação, mas que pode demandar rupturas. Portanto, “[...] a aprendizagem não é em si mesma desenvolvimento, mas uma correta organização da aprendizagem da criança conduz ao desenvolvimento mental, ativo todo um grupo de processos de desenvolvimento, e esta ativação não poderia produzir-se sem aprendizagem.” (VYGOTSKY, 1988). A depender da aprendizagem, diferentes desenvolvimentos dos processos psicointelectuais são ativados, o que pode provocar desde pequenas mudanças até mudanças radicais. Não aprofundaremos mais nesse ponto, uma vez que nessa pesquisa o nosso objetivo é, ao invés de analisar o desenvolvimento intelectual que ocorre a partir da complexificação (ou mudança) da concepção prévia com a aquisição de conceitos científicos, investigar quais são os erros que surgem na tentativa de uma aquisição de conceitos científicos – em especial, quando esses erros dependem de uma concepção prévia, sendo chamados aqui de **obstáculos**. Ou seja, **investigaremos os obstáculos ao desenvolvimento intelectual**.

Essa defesa em relação ao conhecimento se distancia da proposta do ensino tradicional, uma vez que no ensino tradicional o conhecimento é algo que os estudantes precisam acatar (YOUNG, 2011). Por outro lado, a proposta de Young (2011) defende que o conhecimento possui uma base social e histórica que, a nosso ver, está conectado com as pretensões de ensinar também a NdC. Young (2011) define a sua proposta como a defesa de um currículo baseado em engajamento, em que o mundo é tratado como um “objeto de pensamento” e não como um “lugar de experiência”. Nesse sentido, as disciplinas desempenham papel fundamental, entendendo que elas são desenvolvidas historicamente, cujo campo de ação possui compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos (PIETROCOLA, 2019, p. 42).

As disciplinas, portanto, têm três papéis num “currículo de engajamento”. O primeiro é um papel curricular. **As disciplinas garantem, por meio de seus elos com o processo de produção de novos conhecimentos, que os estudantes tenham acesso ao conhecimento mais confiável disponível em campos particulares.** O segundo papel é pedagógico. As disciplinas oferecem pontes aos aprendizes para que passem de seus “conceitos cotidianos” aos “conceitos teóricos” a elas associados. O terceiro é um papel gerador de identidade para professores e aprendizes. As

disciplinas são cruciais para o senso de identidade dos professores como membros de uma profissão. (YOUNG, 2011, p. 616-617, grifo nosso.)

Essa defesa é em prol de um currículo vertical, onde o que os alunos devem aprender não está baseado nas experiências individuais de professores e alunos, mas do conhecimento especializado de professores e pesquisadores, construído ao longo do tempo (YOUNG, 2011).

Nesse contexto, o desafio é encontrar qual abordagem *sobre* a ciência queremos. A abordagem de modelos na filosofia da ciência, em especial da segunda metade do século XX, parece ser interessante, uma vez que reconhece as críticas da tradição historicista e, ao mesmo tempo, busca dar contribuições para a epistemologia (isto é, quanto à justificativa do conhecimento científico). A elaboração de modelos científicos é tratada como uma das práticas mais importantes das ciências por diferentes filósofos (DUTRA, 2013). Durante a modelização, aspectos como imaginação, abstração, criatividade, observação, inferência, objetividade, subjetividade e construção coletiva de critérios podem ser explicitados, produzindo generalizações.

Mais especificamente, trabalharemos com o filósofo Ronald Giere, que é um filósofo da chamada concepção semântica, e desse modo dá menos ênfase aos enunciados teóricos linguísticos e traz importância para as formas de representar não linguísticas, valorizando o significado. Ele também participa da virada naturalista (ou pragmática), que constitui de abordagens da filosofia que buscam descrever a ciência tal como ela é (PASSMORE, GOUVEA & GIÉRE, 2014). O filósofo também se preocupa com a forma que as discussões filosóficas migram da filosofia para o público geral, defendendo a ciência (GIÉRE, 2010). Discutiremos mais profundamente sobre os elementos importantes de sua obra para a nossa SEA na seção 4.2.

A FMC – e, mais especificamente, a Física de Partículas – se encaixa no esboço de definição de o que é um conhecimento poderoso (ver pg. 33-34). Admitindo então como válida a discussão curricular que apresentamos, um segundo aprofundamento deveria discutir: dentre os diferentes conhecimentos da FMC, quais deveriam ser discutidos na sala de aula da educação básica? A discussão poderia tomar diferentes critérios, dentre eles a relevância social e, principalmente, o próprio desenvolvimento intelectual promovido mediante o aprendizado de determinados conceitos, que como propõe Vygotsky (2003), para cada caso o desenvolvimento é diferente. Não realizaremos essa discussão aqui, deixando-a para um trabalho futuro.

Mas para não deixar essa lacuna totalmente aberta, apontamos que a escolha da Física de Partículas é por ela ser uma das áreas do conhecimento mais avançadas quando se trata do estudo da estrutura da matéria, que é há muito tempo fundamental para a ciência. Ela se destaca por ser uma comunidade científica contemporânea grande e bem consolidada, que ilustra bem algumas características comuns à institucionalização do fazer científico atual:

construção de conhecimento coletivo, critério objetivo de análise de dados, tomar o mundo como objeto de conhecimento para além do que os sentidos intrínsecos permitem, grande demanda de investimento financeiro sem necessariamente estar preocupada com retorno tecnológico (embora isso aconteça) e possui grande preocupação com a divulgação científica (aparecendo na mídia comum e internet).

## 1.4 – Projeto Formativo

Considerando a discussão acima, elaboramos o seguinte projeto formativo para a nossa SEA:

### Objetivos Gerais da Sequência

Promover o desenvolvimento intelectual dos estudantes (YOUNG, 2010), através do ensino *da* ciência e *sobre* a ciência, trabalhando as ênfases Epistemológica-Conceitual, filosófica-cultural e habilidades científicas (ROBERTS, 1982; GURGEL, 2020), sendo assim parte de um currículo baseado em engajamento. Para isso, utilizaremos como base a literatura de modelos (GIERE, 1988, 1991), associada à Natureza da Ciência. Esperamos com isso contribuir para a diminuição dos problemas da:

- (i) desigualdade educacional
- (ii) falta de identificação dos professores com a disciplina em que são formados
- (iii) desvalorização do conhecimento na sociedade brasileira.

### Objetivos Específicos da Sequência

Indicaremos abaixo brevemente em que sentido os conceitos da FP e elementos da NdC podem ser entendidos no contexto dessa SEA, ainda que eventualmente não sejam plenamente trabalhados.

#### Desenvolver os conceitos:

- **Radiação:** propagação de energia através do espaço. Mais especificamente, propagação de partículas em geral (incluindo fótons).
- **Partícula:** pode ser imaginada como uma bolinha invisível, indivisível, que tem posição bem definida e uma velocidade precisa, tendo assim uma trajetória bem definida (ou seja, uma definição clássica).
- **Absorção:** é o “sumir” de uma partícula, que nesse contexto pode ser visto de duas formas.

- **Fótons:** podem ser absorvidos por diferentes materiais, no qual toda sua energia é transferida para o material, podendo aumentar seu nível de energia ou provocar o efeito fotoelétrico (remoção do elétron, ionizando o átomo).
- **Múons:** nesse caso a partícula some porque decaiu (ou seja, se transformou em outras partículas). O tempo de vida de um múon é aproximadamente 2 microssegundos, mas que diminui a depender do material em que se propaga (devido a efeitos relativísticos).
- **Propriedade:** característica inata e inerida através do comportamento da partícula. Em especial, trataremos da carga elétrica.
- **Cintilador:** quando o múon atravessa um cintilador, há a emissão de luz.

### Compreender os elementos da NdC/Investigação:

- **Observação:** a observação de partículas ocorre a partir da detecção, e toda detecção pressupõe uma interação. Detectar significa identificar uma causalidade entre o efeito e uma entidade, em que o que temos acesso é ao efeito.
- A existência de cientistas com ênfase teórica e experimental
- Formulação de hipótese, idealização, inferência, previsão teórica e coleta de dados elaboração de critérios para comparar modelos
- A importância da tecnologia na atividade científica

### Conhecimentos intermediários:

- Funcionamento do Eletroscópio e do detector de múons
- Como elaborar e interpretar histogramas

### *Possíveis consequências*

- Melhora na participação democrática dos alunos em questões sobre o financiamento público de projetos científicos que envolvem o conhecimento *desinteressado*.
- Aumento do interesse dos alunos em ciências a partir do engajamento deles no conhecimento contemporâneo, contribuindo para a escolha de carreira em exatas e contribuindo para a diminuição do abandono escolar.
- Desenvolvimento de habilidades vinculadas ao uso de tecnologia<sup>30</sup>.
- Inserção de novas pessoas na cultura científica, como apreciadores do conhecimento científico fora do ambiente escolar.
- Desenvolvimento de habilidades de trabalho em grupo que são úteis para a profissionalização contemporânea.

---

<sup>30</sup> Segundo relato do professor implementador da proposta, um dos estudantes que participou do projeto decidiu seguir a carreira de programação, devido ao contato que teve com a nossa implementação.



- Desenvolvimento moral dos alunos relativos à interação social e respeito aos colegas a partir do trabalho em grupo.
- Desenvolvimento da habilidade de tomar o mundo como objeto de conhecimento para outras aplicações.
- Engajamento em ativismo social em prol da comunidade científica que luta por financiamento público.

## Capítulo 2: O contexto intelectual dos projetos de raios cósmicos

“A comunidade de física de partículas tem a obrigação moral de informar o público sobre suas atividades. Para fazer isso bem, as experiências devem ser compartilhadas entre os países, tendo em vista a necessidade de otimizar o uso de recursos” (GOLDFARB, 2020, p.2, nossa tradução).

O trecho que inicia esse texto é de Chris Llewellyn Smith, então diretor geral do CERN, na fundação do EPPOG (Grupo Europeu de Divulgação em Física de Partículas, sigla em inglês) em 1997, que em 2010 se tornou o IPPOG (Grupo Internacional de Divulgação em Física de Partículas, sigla em inglês) (GOLDFARB, 2020, p.3). A física de partículas é uma das áreas mais ativas em divulgação e ensino da física moderna e contemporânea. A valorização é manifestada através de apresentações em seções paralelas, apresentações de pôster e apresentações em plenárias de trabalhos de ensino e divulgação nos principais eventos da área (GOLDFARB, 2020, p.2). Esse empreendimento também desperta interesse de grupos de outras áreas, como a história e a filosofia da ciência. O grupo *epistemology-LHC*<sup>31</sup> é um exemplo, que tem como principal caso o *Large Hadron Collider* (LHC) do CERN (Organização Europeia para Pesquisa Nuclear), que é o maior acelerador de partículas do mundo, com 27 km de circunferência, localizado na Suíça.

Dentre as atividades do grupo, o *Masterclass Hands on Particle Physics* (MHPP) é uma das principais. Nele, especialistas da área de física de partículas (que não necessariamente são especialistas em educação) apresentam situações de aprendizagem para estudantes de, em geral, 14 a 17 anos, durante um curto período (normalmente entre 2 a 3 dias). Essas situações em geral incluem: visitas à universidade, palestras, uso de software que simula a atividade de cientistas, interação com outras escolas do mesmo país (presencialmente) e de outros países (virtualmente). O software e a dinâmica das atividades variam a depender de qual experimento do CERN os especialistas fazem parte. A dissertação de Gomes (2018) e o trabalho de Watanabe, Kawamura e Munhoz (2015) trazem discussões sobre como diferentes atores se relacionam com esse evento.

Outros dois eventos globais que recebem o suporte e são promovidos pelo o IPPOG são o *International Cosmic Day* (ICD) e o *Muon Week* (GOLDFARB, 2020, p.6). Entretanto, esses dois estão associados aos programas de **Raios Cósmicos**. Esses eventos globais reúnem diferentes projetos espalhados, principalmente, nos países do hemisfério norte, que serão

---

<sup>31</sup> <https://www.lhc-epistemologie.uni-wuppertal.de/home.html>

objetos de estudo neste capítulo. A seguir, apresentaremos brevemente o conteúdo científico de raios cósmicos para os leitores menos familiarizados com o tema. Em seguida, apresentaremos os projetos de raios cósmicos, finalizando com a apresentação do projeto brasileiro ao qual esta dissertação faz parte.

## 2.1 – Sobre a Física de Partículas

Uma das grandes representações de o que é a física de partículas é manifestada na figura 2.1. Nela, se encontra a síntese de um empreendimento que ocorreu ao longo do século XX. Brown e Hoddeson (1996, p.4) propõem que a física de partículas emergiu a partir da convergência de três corpos de pesquisa: física nuclear, teoria quântica de campos e raios cósmicos.

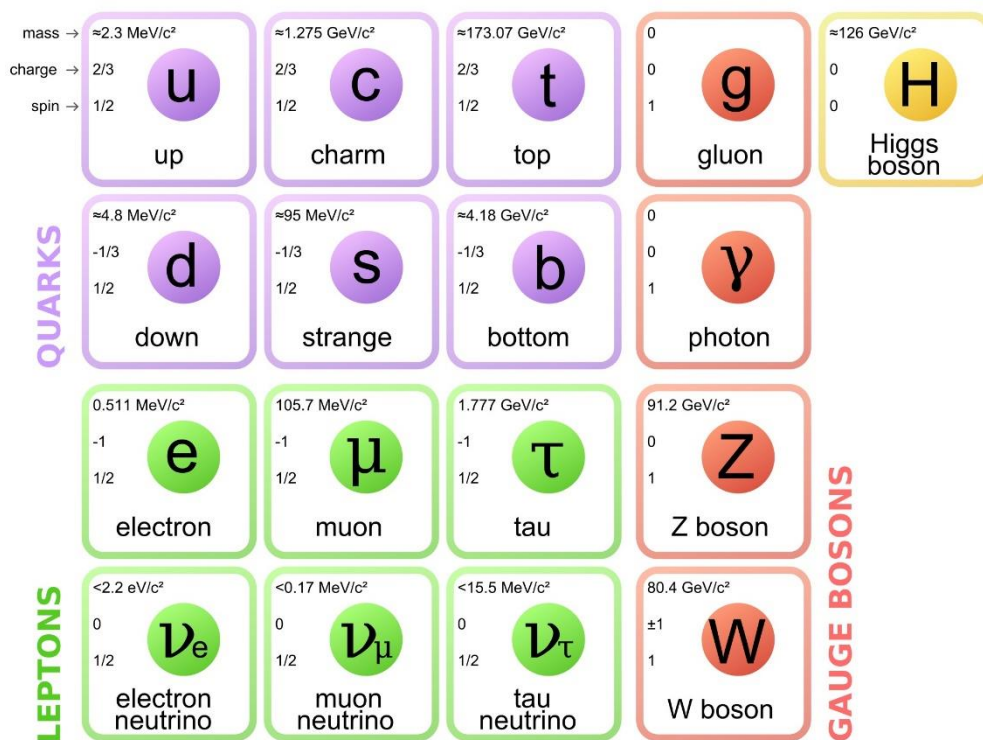


Figura 2.1 – Modelo Padrão<sup>32</sup>

Afim de simplificar, poderíamos entender que é basilar para a física de partículas a resposta para duas perguntas: **Quais são as componentes elementares do universo? (Conceitual)** e **Como observar o mundo invisível? (Investigativa)**. O que comumente se aprende no ensino médio são os prótons e nêutrons (que são formados por quarks up e down), e elétrons (que é um lépton – ou seja, uma partícula que tem como propriedade o número leptônico, que deve ser conservado). Muito da contribuição da pesquisa em raios cósmicos está associada à dimensão investigativa. A invenção e o aperfeiçoamento de

<sup>32</sup> Fonte: <https://www.quantumdiaries.org/2014/03/14/the-standard-model-a-beautiful-but-flawed-theory/>

instrumentos de detecção foram protagonistas nesta comunidade no início do século XX. Mas ela também contribuiu para constatação de diferentes partículas, como o múon e o pósitron. Foi também através dessa pesquisa que se chegou num consenso de que há partículas de diferentes cantos do universo chegando à Terra.

Essas partículas – os chamados Raios cósmicos - são no geral prótons e núcleos leves com energias relativísticas que vêm do espaço e colidem com a atmosfera da Terra. Suas origens são supernovas e outras fontes dentro e fora da nossa galáxia. Ao chegar na atmosfera, uma partícula de raios cósmicos gera uma cascata de partículas secundárias, conforme é ilustrado na figura 2.2.

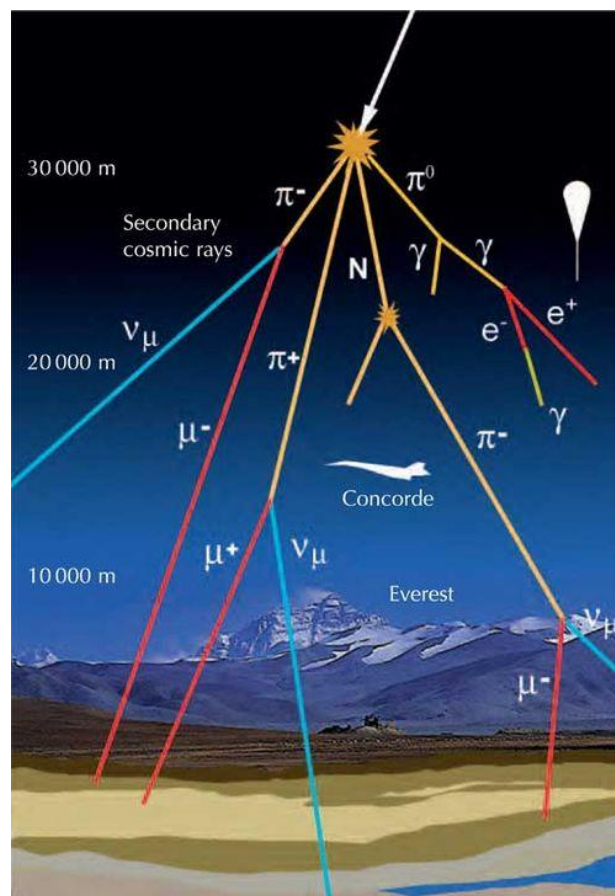


Figura 2.2 – Chuveiro de Raios Cósmicos. Fonte: wiki.stoa.usp.br

Esse fenômeno é denominado chuveiro de raios cósmicos. Um próton, por exemplo, dissipa em torno de 40% da sua energia original, produzindo um próton ou um nêutron secundário, bem como um grande número de outros hádrons (partículas formadas pelos quarks, representados pela cor roxa na figura 2.1), sendo a maior parte, píons. Os píons neutros, por exemplo, decaem imediatamente em dois fótons que, por sua vez, geram uma cascata eletromagnética composta de pares elétron-pósitron, que geram fótons, e estes geram pares elétron-pósitron e assim sucessivamente. Píons carregados com energias mais elevadas interagem de uma outra maneira. Píons carregados de energia mais baixa decaem e produzem múons, que são os “sobreviventes”, atingindo a superfície. Esses múons, que

aparecem no Modelo Padrão e são leptons, são as principais partículas medidas nos projetos de raios cósmicos.

Os desafios da investigação nascem na medida em que os sentidos humanos são insuficientes para observar essas partículas. Nessa área, toda observação pressupõe uma interação, e é a partir dos efeitos produzidos nessa interação que se afirma uma detecção. Por exemplo, uma das formas de detectar um múon consiste na interação desta partícula com uma placa cintiladora. Quando o múon atravessa essa placa, quase sempre ele interage com ela. Essa interação produz luz, e é a partir dessa luz que se afirma observar um múon. Essa é, em geral, a forma como se detectam múons nos diferentes projetos. A construção de instrumentos precisos e seguros foi uma das empreitadas mais bem-sucedidas da física de partículas.

## 2.2 - Redes de colaboração entre Escola e Universidade na detecção de Raios Cósmicos

Por que alguns cientistas se envolvem em projetos de ensino e divulgação da ciência?

A necessidade de recursos tanto para a realização do trabalho através de instrumentos, laboratórios etc., quanto para a própria subsistência do cientista, de certa forma restringe o que vai ou não ser pesquisado, a depender da vontade daqueles que detém o recurso. Conscientes e sentindo o peso disso, em especial a partir do século XIX, com uma maior institucionalização de sua profissão, os cientistas em diferentes momentos se mobilizaram e se mobilizam em prol de garantir esse recurso, principalmente através de interações com membros do estado. Como estes tem certa dependência do público geral, a divulgação científica e a educação ganham centralidade, uma vez que elas mediam a relação do público com a ciência. Um exemplo é o projeto *Physical Science Study Committee* (PSSC), embora essa não fosse a única razão (RUDOLPH, 2002).<sup>33</sup>

O PSSC foi o primeiro grande projeto de ensino de ciências, iniciado em 1956 nos Estados Unidos, no contexto da guerra-fria, em um período em que os físicos recebiam mais do que nunca financiamento para suas pesquisas, dado o grande prestígio da área na ótica do governo. Entretanto, o efeito colateral foi a perda da liberdade de pesquisa, que agora era voltada para os interesses tecnológicos e militares daqueles que forneciam a verba, o que, aos olhos dos cientistas, atrapalhava o avanço do conhecimento científico (RUDOLPH, p. 39, 2002). Nesse contexto, o objetivo dos cientistas era claro: “maximizar o financiamento, minimizando o controle federal de seu trabalho”. (RUDOLPH, p.39, 2002, tradução nossa).

---

<sup>33</sup> Um outro exemplo, mais especificamente vinculada à temática dessa dissertação, foram as ações tomadas após o não financiamento do Superconducting Super Collider (SSC), que foi um projeto de acelerador de partículas dos anos 90 nos EUA.

Para isso, a opinião pública ganhou grande foco de atenção, ainda mais considerando o crescimento da construção de igrejas e a ascensão de movimentos anticientíficos feito por diferentes grupos. Rudolph (2002) aponta que as contestações desses grupos eram diversas, sendo uma delas a de que o flúor, para prevenir a queda dos dentes, mesmo em pequenas quantidades, poderia ser venenoso, cancerígeno ou causar perversão sexual. Essas preocupações deram origem a debates que levaram à fundação da *National Science Foundation* (NSF), em 1950, que foi uma instituição chave para as reformas no ensino de ciências. Outras preocupações estavam associadas a evidências de que o ‘público leigo’ tinha dificuldade de distinguir ciência de tecnologia, especialmente em questões envolvendo a bomba atômica<sup>34</sup> (RUDOLPH, p.45, 2002). Apesar disso, boa parte do ‘público leigo’ tinha uma visão positiva da ciência, como um pensamento objetivo para alcançar a verdade sobre o mundo.

O papel da NSF acabou se voltando mais à defesa do financiamento para a pesquisa básica (RUDOLPH, p. 41, 2002). Os cientistas tinham uma visão de ciência diferente do ‘público leigo’ – “A maioria teria concordado com o físico Victor Weisskopf, que via a ciência como “a expressão organizada da tendência humana de penetrar, esclarecer e compreender o mundo ao nosso redor”” (RUDOLPH, p.48-49, 2002, tradução nossa). Além disso, defendiam que havia uma diferença entre a “ciência básica” e as “aplicações tecnológicas”, ainda que a segunda que tenha dado tanto prestígio para a ciência perante o ‘público leigo’ e as agências de fomento. Essa distorção da imagem da ciência era um problema que precisava ser corrigido: o valor da ciência não está apenas no ganho material, mas mais amplamente como um meio para compreensão racional, eles defendiam (RUDOLPH, p.49-50, 2002).

Essa problemática parece persistir ainda hoje. Um relato interessante é dado pela professora *Lisa Randall* da Universidade Harvard. Especialista em Física de Partículas, em seu livro de divulgação intitulado em português como “*Batendo à porta do céu: O bóson de Higgs e como a física moderna ilumina o universo*” ela conta um episódio em que foi ao congresso dialogar com parlamentares, em que ela e outros cientistas notaram que os deputados tinham dificuldade de justificar para o eleitorado porque que parar de financiar a ciência seria um erro, mesmo em períodos de incertezas econômicas. Para contornar esse problema, eles deram:

“[...] alguns exemplos dos benefícios colaterais que se acumularam por meio do avanço da ciência fundamental. Mesmo a ciência feita com pretensão de pesquisa básica com frequência se torna útil de outras maneiras. Falamos sobre como Tim Berners-Lee concebeu a internet como um meio de físicos em diferentes países colaborarem de maneira mais

---

<sup>34</sup> Com esse ponto somado ao *Red Scare*, o trabalho dos físicos também sofreu interferência. O caso mais emblemático é o de Robert Oppenheimer, que foi o líder do projeto da bomba atômica, e em 1953 identificado como “risco à segurança” (RUDOLPH, p.46, 2002). A responsabilização do cientista pela criação do produto, ainda que não seja ele mesmo a realizar um (mau) uso deste produto, é um dos tópicos mais importantes para pensar a contemporaneidade.

rápida com seus experimentos conjuntos no CERN. Discutimos aplicações médicas, como a tomografia por emissão de pósitrons (*positron emission tomography, PET Scan*), uma maneira de observar a estrutura interna do corpo usando a antipartícula do elétron. Explicamos o papel da produção de ímãs supercondutores em escala industrial, que foram desenvolvidos para colisores, mas agora são usados também para produzir imagens por ressonância magnética. Por fim, a formidável aplicação da teoria da relatividade geral para previsões precisas, entre elas o sistema de posicionamento global (*global position system, GPS*) que usamos todos os dias em carros.” (RANDALL, p.29, 2013)

Mas a visão que a autora tem da ciência é um tanto diferente: “Sem dúvida a ciência significativa não tem necessariamente um benefício imediato em termos práticos.” (RANDALL, p.29, 2013). Ela complementa então sobre como a ciência transforma a forma como concebemos o mundo: “Então, a posição que defendemos naquele dia dizia respeito primariamente não a aplicações específicas, mas à importância vital da ciência pura.” (RANDALL, p.30, 2013).

O passado e presente dos EUA e o presente do Brasil são diferentes *pero no mucho*. Inúmeros artigos discutem questões do presente associadas à “*pós-verdade*”. A ascensão do movimento terra planista, a propagação de *Fake News*, a crise climática e, o foco do presente, a pandemia mundial do COVID-19, que começou no início de 2020 e perdurou até 2022, trouxeram desafios à forma como os cientistas lidam com a opinião pública<sup>35</sup>. A biologia hoje, talvez com mais prestígio que a física, lida com o desafio de convencer o público que as vacinas não causam autismo. Para além dos negacionistas, a valorização da ciência veio acompanhada de um discurso utilitarista: ‘a ciência é boa, pois produz vacina e tecnologia’ - discurso que por vezes é repetido pelos próprios cientistas – afinal, tem outra forma de ‘convencer o eleitorado’?. Se por um lado é um discurso de fácil convencimento sobre o valor da ciência, por outro esse discurso hoje ganha espaço nas próprias agências de fomento, na hora de deliberar quais projetos vão receber financiamento ou não.

Entretanto, essa narrativa parece sugerir um certo egoísmo por parte dos cientistas, em que as ações de divulgação e ensino são realizadas *apenas* para garantir sua subsistência enquanto profissionais e indivíduos. Essa não é uma narrativa coerente nem com um suposto *ethos científico*, nem, em geral, com a vivência nas ações de divulgação científica e de educação na qual há o contato com cientistas. Nessas vivências, paira no ar uma crença genuína de que a pesquisa científica é um bem comum e de que é importante reduzir a desigualdade de conhecimento. As entrevistas de Watanabe, Kawamura e Munhoz (2015)

---

<sup>35</sup> Essa influência do presente repercute na produção de obras audiovisuais. Um filme recente, que manifesta uma série de questões interessantes sobre essa relação entre a ciência e a opinião pública, é o “*Não olhe para cima*”.

com cientistas brasileiros que participam do MHPP concordam com esta conclusão. Em ressonância com isso, Bardeen, Wayne e Young (2018, p.9, tradução nossa) apontam motivos para cientistas trabalharem em atividades do *QuarkNet*, ainda que sem remuneração:

Vários fatores motivam esses físicos a contribuir com seu tempo e esforço para o programa. O primeiro é um interesse genuíno em educação e divulgação, e um desejo de trabalhar com professores e alunos em sua comunidade. Em segundo lugar, para muitos desses cientistas, é importante ter um componente de “impactos mais amplos” em seus programas de pesquisa. A participação no QuarkNet oferece a eles a oportunidade de ingressar em uma rede estabelecida e confiável de físicos com ideias semelhantes, bem conhecidas nas agências de financiamento dos Estados Unidos. Além disso, trabalhar no QuarkNet ajuda os mentores a ganharem reconhecimento tanto na universidade quanto em comunidades mais amplas, e pode ser útil para jovens membros do corpo docente em consideração para estabilidade e promoção. Muitas vezes, o trabalho realizado por professores e alunos durante o verão contribui para o desenvolvimento e teste de hardware para experimentos. Esses esforços são conhecidos e apreciados pela liderança desses experimentos.

Distante de sermos capazes de apontar as *reais causas* para as ações de cada cientista na divulgação e no ensino, fato é que elas estão acontecendo com bastante intensidade, especialmente na comunidade da física de partículas<sup>36</sup> (ver GOLDFARB, 2020). Dentre essas ações, surgiram inúmeros projetos de rede de colaboração entre universidades e escolas com detectores de raios cósmicos. Em geral, são ações de educação não-formal, isto é, ações de divulgação científica, que desenvolvem trabalhos com estudantes próximos do fim da etapa escolar, embora alguns projetos busquem engajar com a educação formal, isto é, dentro de escolas, especialmente como atividade extracurricular.

Mas por que raios cósmicos dentre as possibilidades da física de partículas? Curiosamente, há um bom tempo os físicos publicam artigos sobre o desenvolvimento de detectores de raios cósmicos – mais especificamente, detectores de múons – visando o ensino, especialmente na graduação. As pautas discutidas transitam entre o aumento da eficiência de detecção, o barateamento do material, a facilidade de armazenamento, etc. Os motivos, em nossos termos e de forma geral, seriam a facilidade de existência do fenômeno

---

<sup>36</sup> Uma tese que contribui muito para refletir para este assunto é a da Watanabe (2015), intitulada “A divulgação científica produzida por cientistas: contribuições para o capital cultural”.



a ser detectado, tomando-o como um exemplo paradigmático sobre detecção de partículas, além de haver espaço para a evolução do detector em termos dos aspectos citados anteriormente. O Quadro 2.1 ilustra que esse é um tópico de discussão há pelos menos 50 anos.

Quadro 2.1 – Alguns artigos sobre desenvolvimento de detectores de múons para o ensino.

Ano	Título
1970	A Simplified Muon Lifetime Experiment for the Instructional Laboratory
1978	Simple technique for determining the mean lifetime of the cosmic ray $\mu$ meson
1981	Automatic measurement of the mean lifetime of the muon
1984	Laboratory study of the cosmic-ray muon lifetime
2016	Muon decay: an old, yet alive experiment in the university physics curriculum
2017	Determining the muon mass using a scintillator-based detector
2018	A simple setup for cosmic muon lifetime measurement.

## 2.3 – Projetos mundo afora

Abaixo, expomos os projetos encontrados e discutimos aqueles que possuem maior disponibilidade de informações, principalmente através de artigos publicados. Um dos problemas desses projetos de raios cósmicos é sua expectativa de vida: dificilmente ele é o objeto principal de seus pesquisadores. Em buscas pela internet, é possível encontrar vestígios de vida de outros projetos nesse tema, mas que não possuem mais páginas ativas na web. Não necessariamente isso indica que os pesquisadores abandonaram a ideia, pois o que pode ter acontecido é eles terem ido integrar outros projetos maiores, como por exemplo o QuarkNet, cuja origem está nos Estados Unidos, mas que hoje faz parte de quatro países, com mais de 50 universidades integrantes, e o HiSPARC, que é ativo em três países da Europa e, mais recentemente, em um da África.

O mapeamento dos projetos se deu através do levantamento de Leisos *et al* (2018b), do website do *International Cosmic Day*<sup>37</sup>, que é um evento que reúne diferentes escolas participantes de projetos e chegou na sua décima edição em 2021, e de nossas buscas pela internet. Notamos que há uma maior concentração de projetos no hemisfério norte, em especial na Europa Ocidental e na América Anglo-Saxônica, bem como a ausência de projetos no hemisfério sul, sendo que o nosso é o primeiro da América Latina<sup>38</sup>. A figura 2.3 ilustra a distribuição dos projetos, enquanto que o Quadro 2.2 indica quais são eles e onde estão localizados.

<sup>37</sup> <https://icd.desy.de/>

<sup>38</sup> Todas os links funcionavam no acesso realizado em março de 2022.

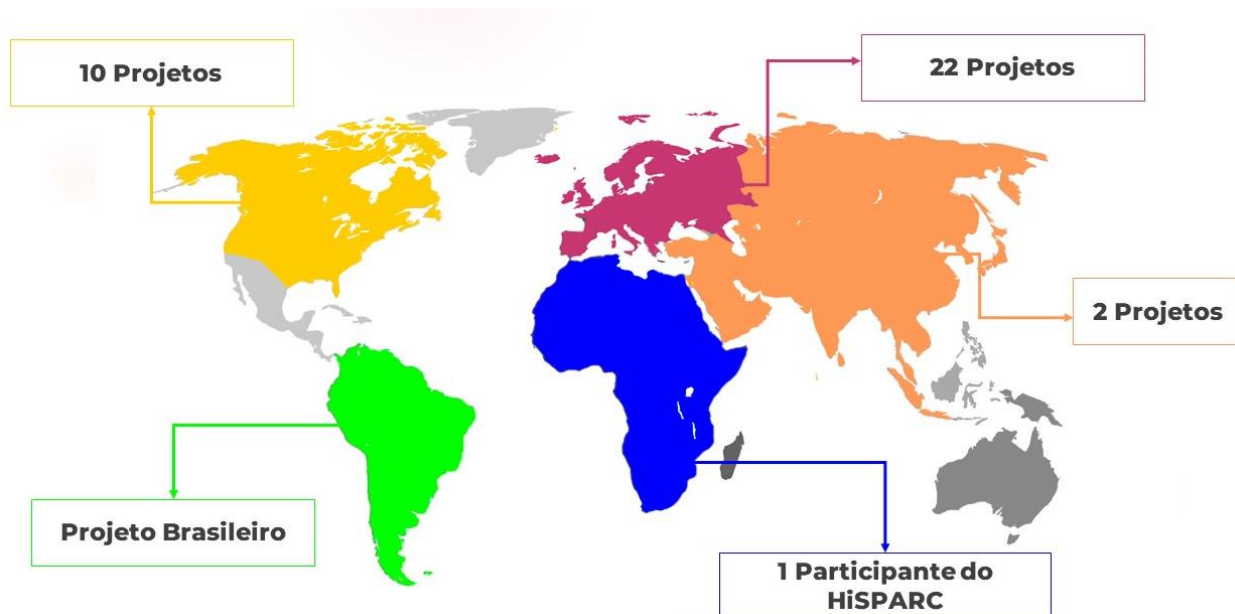


Figura 2.3 – Distribuição dos projetos de raios cósmicos pelo mundo.

Quadro 2.2 – Quais são os projetos de raios cósmicos e onde estão localizados.

	País	Projeto e Links
Europa Ocidental	Reino Unido	Cosmic School Project Home Page <a href="http://hep.ph.liv.ac.uk/~green/cosmic/home.html">http://hep.ph.liv.ac.uk/~green/cosmic/home.html</a>
		QuarkNet Cymru <a href="https://blogs.cardiff.ac.uk/physicsoutreach/quarknet-cymru/">https://blogs.cardiff.ac.uk/physicsoutreach/quarknet-cymru/</a>
		HiSPARC: High School Project on Astrophysics Research With Cosmic <a href="https://www.hisparc.nl/en/">https://www.hisparc.nl/en/</a>
		Detecting Cosmic Rays – possible student projects <a href="http://www.ep.ph.bham.ac.uk/twiki/bin/view/General/QuarkNet">http://www.ep.ph.bham.ac.uk/twiki/bin/view/General/QuarkNet</a>
	Alemanha	Sky-View <a href="http://skyview.uni-wuppertal.de/index.html">http://skyview.uni-wuppertal.de/index.html</a>
		DESY – Cosmic@web <a href="https://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/cosmicweb/index_ger.html">https://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/cosmicweb/index_ger.html</a>
		The Netzwerk Teilchenwelt network <a href="https://www.teilchenwelt.de/">https://www.teilchenwelt.de/</a>
	França	Cosmos à l'École <a href="http://www.sciencesalecole.org/plan-cosmos-a-lecole-materiel/">http://www.sciencesalecole.org/plan-cosmos-a-lecole-materiel/</a>
		e-PÉRON <a href="https://www.labex-ocevu.univ-amu.fr/?q=fr/content/e-p%C3%A9ron">https://www.labex-ocevu.univ-amu.fr/?q=fr/content/e-p%C3%A9ron</a>
	Países Baixos	HiSPARC: High School Project on Astrophysics Research With Cosmic <a href="https://www.hisparc.nl/en/">https://www.hisparc.nl/en/</a>

	Suécia	SEASA: Stockholm Educational Air Shower Array <a href="http://gluon.particle.kth.se/SEASA/">http://gluon.particle.kth.se/SEASA/</a>
	Espanha	Cazadores de Rayos Gamma <a href="https://www.cazadoresderayosgamma.com/es/">https://www.cazadoresderayosgamma.com/es/</a>
	Portugal	Telescópio de Raios Cósmicos <a href="http://www.lip.pt/experiments/trc/">http://www.lip.pt/experiments/trc/</a>
	Itália	EEE: Extreme Energy Events <a href="https://eee.centrofermi.it/">https://eee.centrofermi.it/</a>
		INFN OCRA: Outreach Cosmic Ray Activities <a href="https://web.infn.it/OCRA/">https://web.infn.it/OCRA/</a>
	Finlândia	Callio Lab <a href="https://calliolab.com/welcome-to-callio-lab/callio-lab/">https://calliolab.com/welcome-to-callio-lab/callio-lab/</a>
	Dinamarca	HiSPARC: High School Project on Astrophysics Research With Cosmic <a href="https://www.hisparc.nl/en/">https://www.hisparc.nl/en/</a>
Grécia	HELYCON: Hellenic Lyceum Cosmic Observatories Network <a href="http://helycon.eap.gr/HELYCON/Welcome.html">http://helycon.eap.gr/HELYCON/Welcome.html</a>	
Europa Central	Chéquia	CZELTA <a href="http://czelta.utef.cvut.cz/publicweb/?language=en">http://czelta.utef.cvut.cz/publicweb/?language=en</a>
	Polónia	CREDO: <a href="https://credo.science/">https://credo.science/</a>
		MAZE: <a href="http://www.u.lodz.pl/~wibig/maze/">http://www.u.lodz.pl/~wibig/maze/</a>
Leste Europeu	Romênia	ROCOSMICS <a href="https://indico.cern.ch/event/99542/page/5191-represented-projects">https://indico.cern.ch/event/99542/page/5191-represented-projects</a>
Asia	Japão	Tan-Q <a href="https://accel-kitchen.com/tanq/">https://accel-kitchen.com/tanq/</a>
	Taiwan	QuarkNet-TW
América anglo-	Canadá	<i>ALTA: Alberta Large Area Time Coincidence Array</i> <a href="https://era.library.ualberta.ca/items/d7592d22-fe3f-4f4d-8fe1-fafe7187dd92/view/38528833-1d91-406c-80fe-c8164077c63c/MQ81405.pdf">https://era.library.ualberta.ca/items/d7592d22-fe3f-4f4d-8fe1-fafe7187dd92/view/38528833-1d91-406c-80fe-c8164077c63c/MQ81405.pdf</a>
		<i>VICTA: Vancouver Island Cosmic-ray Time-coincidence Array</i> <a href="https://www.uvic.ca/science/physics/vispa/outreach/victa/index.php">https://www.uvic.ca/science/physics/vispa/outreach/victa/index.php</a>
		TRIUMF: <a href="https://www.triumf.ca/home/about-triumf/history">https://www.triumf.ca/home/about-triumf/history</a>
		WALTA: WASHINGTON Large Area Time coincidence Array

Estados Unidos da América	<a href="http://neutrino.phys.washington.edu/~walta/">http://neutrino.phys.washington.edu/~walta/</a>
	CROP: Cosmic Ray Observatory Project <a href="http://crop.unl.edu/">http://crop.unl.edu/</a>
	SALTA: Snowmass Area Large-scale Time-coincidence Array <a href="https://faculty.washington.edu/wilkes/salta/">https://faculty.washington.edu/wilkes/salta/</a>
	TECOSE, PARTICLE e CLASA – Não consegui acessar SCROD: School Cosmic Ray Outreach Detector <a href="https://arxiv.org/abs/hep-ex/0106002">https://arxiv.org/abs/hep-ex/0106002</a>
	TECOSE, PARTICLE e CLASA – Não consegui acessar SCROD: School Cosmic Ray Outreach Detector <a href="https://arxiv.org/abs/hep-ex/0106002">https://arxiv.org/abs/hep-ex/0106002</a>
	QUARKNET <a href="https://quarknet.i2u2.org/home">https://quarknet.i2u2.org/home</a>
	NYS-CPT: New York Schools Cosmic Particle Telescope <a href="https://physics.nyu.edu/NYSCPT/index.html">https://physics.nyu.edu/NYSCPT/index.html</a>
América Latina	Brasil  <i>CELESTE - Raios Cósmicos nas Escolas</i> <a href="https://raioscosmicos.gitlab.io/">https://raioscosmicos.gitlab.io/</a>
Africa	Namibia  HiSPARC: High School Project on Astrophysics Research With Cosmic <a href="https://www.hisparc.nl/en/">https://www.hisparc.nl/en/</a>

### 2.3.1 – Na Grécia: HELYCON (Hellenic Lyceum Cosmic Observatories Network)

O HELYCON é o principal projeto na Grécia envolvendo detectores de raios cósmicos. Ele possui tanto ações de divulgação científica, que pode envolver pessoas que são estudantes do ensino médio, quanto ações em escolas, sendo que essas últimas recebem um nome específico:  $\mu$ NET. O  $\mu$ NET ambiciona criar “[...] *the 1st Greek school network of educational cosmic ray telescopes.*” (PETROPOULOS, TSIRIGOTIS & LEISOS, 2021, p.2), que seria composta por escolas que operariam diversos detectores e estações, presenciais e remotas.

O grupo tem um bom número de artigos publicados relacionados ao projeto, em que colocamos boa parte deles no quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Lista de boa parte dos artigos publicados pelo HELYCON

Ano	Título	Meio de publicação
2017	Deployment and calibration procedures for accurate timing and directional reconstruction of EAS particle-fronts with HELYCON stations	Arxiv
2018	The Hellenic Open University Cosmic Ray Telescope: Research and Educational Activities	6 <sup>th</sup> International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2017)
2018	$\mu$ Cosmics: A Low-Cost Educational Cosmic Ray Telescope	Universe
2018	Hellenic Lyceum Cosmic Observatories Network: Status Report and Outreach Activities	Universe
2020	A low cost hybrid detection system of high energy air showers	Engineering Research Express
2020	The Astroneu Extensive Air Shower array	Journal of Instrumentation
2020	Outreach activities with the $\mu$ Cosmics air shower detector	Physics Education
2021	Detection of high energy showers by the Astroneu extensive air shower array	New Astronomy
2021	Calibration Procedures for Accurate Timing and Directional Reconstruction of EAS Particle-fronts with Astroneu Stations	Instruments and Experimental Techniques
2021	The $\mu$ Net project: A status report	Journal of Physics: Conference Series
2022	Engaging high school students to remote laboratories: the case of the $\mu$ Net project	Physics Education

Tomaremos a discussão sobre a estrutura tecnológica do HELYCON como um exemplar para compreender o movimento que acontece em outros projetos, ainda que não sejam iguais. Desse modo, a discussão dos outros projetos será restrita a aspectos relacionados à educação e à divulgação científica. Em geral, os projetos acabam buscando formas de baratear o custo do detector, aumentar o número de detectores em uma estação, aumentar a eficiência de detecção, desenvolver softwares, etc. Não aprofundaremos os detalhes técnicos de cada projeto, uma vez que seria pouco proveitoso para o contexto da atual dissertação. Mas em resumo, os detectores detectam múons e, por vezes, é possível reconstruir chuviros de raios cósmicos.

### **A estrutura tecnológica**

Podemos notar no quadro 3.3 que o projeto tem maior atuação no desenvolvimento de detectores. Há uma grande dificuldade de apresentar informações sobre os detectores desse grupo, especialmente porque eles são muito ativos e estão constantemente

aprimorando e diversificando seus detectores, em diferentes sentidos (melhoria da eficiência, diminuição do custo e etc.).

No website consta a criação de estações, e cada estação consiste de três grandes cintiladores (1 m<sup>2</sup> de área efetiva), com uma distância entre si de 20 metros. O grupo também trabalha na elaboração de detectores de baixo custo, com áreas menores. Com seus detectores, eles conseguem realizar a reconstrução de Chuveiros Extensivos (*Extensive Air Showers*), com excelente concordância com as previsões da simulação. Também possuem um pacote de software de simulação e reconstrução bem detalhados, que descreve o detector individual e todo desempenho da estação.

Os dados ficam acessíveis pela internet, em que as escolas e as universidades podem realizar calibragem e testar operações em estações individuais. Desenvolveram também um sistema de interação amigável, permitindo a comunicação entre diferentes estações.

No website, informam na página principal que gravaram diversos vídeos educativos, abordando interações fundamentais e propriedades da matéria, instrumentação e processamento de sinais, procedimentos de calibração e guias de laboratório, técnicas de análise de dados etc., para estudantes universitários e professores do ensino médio. Em uma página dedicada a abordar as atividades educacionais, há um conjunto de quatro parágrafos que trazem novamente essas informações, e afirmam que algumas iniciativas foram realizadas, reunindo professores do ensino médio, mas sem informações específicas sobre atividades ou processos que ocorreram/ocorrem.

Também no website, ao final do texto na página principal, consta uma informação em que se prevê uma escola de verão para alunos e professores em 2011, em que iniciariam as atividades educacionais do ensino médio.

A página principal do website tem a versão em inglês, as demais páginas apenas em grego. Nelas, eles abordam assuntos como o que são raios cósmicos, como funcionam os detectores e métodos experimentais e a relação do projeto com o meio ambiente, todas em uma linguagem em que um estudante bem formado no ensino médio consegue compreender plenamente.

Em outra página, abordam as colaborações internacionais. Citam muitos projetos da América anglo-saxônica, praticamente todos os projetos citados aqui também (sendo que os links colocados lá para os websites, em sua grande maioria, não funcionam mais), e também se colocam como membro fundador do consórcio europeu EUROCOSMICS, em que cita fazer parte o Cosmic Schools Project, o SEASA, o HiSPARC, o MAZE (todos os projetos ainda possuem website funcionando).

### **Atuações na Educação e Divulgação Científica**

Focando agora nas atuações educacionais, Leisos *et al* (2018a) em uma das seções descreve um programa com duração de 5 dias, realizado em um laboratório da *Hellenic Open*

*University*, em que estudantes do ensino médio e seus professores imergem na prática de construir e operar detectores de chuueiros de raios cósmicos (*air-shower detector*).

Para isso, quatro tarefas foram preparadas para serem realizadas pelos alunos: (a) construção de uma unidade detectora  $\mu$ Cosmics (Tarefa A), (b) calibração de um PMT [Photomultipliers tubes] (Tarefa B), (c) resposta do HDM [HELYCON *Detector Modules*] ao MIP [*Minimum Ionising Particles*] (Tarefa C) e (d) operação de uma estação HELYCON e coleta de dados do chuueiro (Tarefa D). As três primeiras tarefas descrevem os principais aspectos de um detector de chuueiro de raios cósmicos. A construção do detector  $\mu$ Cosmics destaca os processos físicos que estão ocorrendo dentro das unidades detectoras, a calibração PMT descreve a relação entre grandezas físicas e sinais elétricos mensuráveis, enquanto a resposta do HDM aos MIPs descreve a operação do detector integrado. Finalmente, os resultados dessas tarefas oferecem as informações necessárias para definir os parâmetros operacionais de uma estação HELYCON e coletar dados de chuueiros (Tarefa D). (LEISOS *et al*, 2018a, p.5, tradução nossa, colchetes acrescentados)

Os autores ilustram algumas atividades *hands-on* relacionadas à construção, em que os estudantes manuseiam componentes e trabalham na construção do detector. Na sequência, que compõe a maior parte dessa seção, os autores esmiúçam os conceitos trabalhados em cada tarefa, descrevendo a ação que os estudantes devem realizar. Durante o artigo, não há referência a trabalhos nem termos comuns da pesquisa em educação científica, embora exista preocupações que convergem com questões mais internas ao ensino e divulgação de física de partículas, como o bom engajamento do público com a temática e os problemas de eventos pontuais (como o *masterclasses*).

Um ponto interessante da conclusão dos autores é que “O impacto deste programa educacional para a comunidade educacional grega foi muito apreciado e muitas escolas foram programadas para frequentá-lo no ano seguinte.” (Leisos *et al*, 2018a, p.8, tradução nossa). O grupo possui vários outros artigos, em que discutem a produção de detectores de baixo custo, reportam o desempenho dos detectores, as simulações elaboradas e etc., que podem ser encontrados através das referências de Leisos *et al* (2018a) ou do quadro 2.3.

O grupo também possui um projeto para a educação formal. Ele é principalmente abordado em Petropoulos, Tsirigotis e Leisos (2021, 2022), e como adiantamos acima, ele se chama  $\mu$ Net. Os autores apontam que o  $\mu$ Net cobrirá a região de Peloponeso, contando com a participação de aproximadamente 50 escolas, sendo que 20 terão detectores. Afim de comparação, a cidade de São Paulo tem uma área de 1521 km<sup>2</sup>, o estado de São Paulo tem

aproximadamente 248219 km<sup>2</sup>, enquanto que a região de Peloponeso tem menos de 10% dessa área, tendo 21439 km<sup>2</sup>. A previsão dada no artigo é de que a fase inicial do projeto irá iniciar entre 2022 e 2023, e se espera a participação de mais de 1000 estudantes por ano.

Anteriormente, além da experiência citada há pouco, o projeto desenvolveu trabalhos com escolas, em uma experiência piloto. Contando com a participação remota de 5 escolas no ano de 2020, as atividades realizadas nessa experiência não são muito diferentes das atividades mencionadas no trabalho de 2018a: Construção do detector, calibração, detecção de múons, monitoração, variação do layout de detectores e mensuração da distribuição de múons.

Sem com isso atribuir algum juízo de valor, mais para fins de constatação, apesar desses dois trabalhos possuírem mais termos comuns a literatura de educação científica (como *scientific literacy*), não há discussões pormenorizadas sobre qual o sentido atribuído a esses termos. Por outro lado, mencionam algumas literaturas sobre “ensino por pesquisa”, sendo que elas em geral não são centradas nas ciências da natureza. É interessante notar também que o primeiro autor desses artigos é professor de escola básica, mestre em ensino de ciências naturais e doutorando, sendo que sua pesquisa está associada a esse projeto.

A partir de questionários compostos por questões fechadas, em que deveriam avaliar de 1 a 5 diferentes dimensões do projeto aplicados tanto na experiência remota em 2020 (experiência remota com 5 escolas, implementada pelos professores com auxílio da plataforma moodle) quanto na presencial em 2018 (escola de verão, mencionada anteriormente, implementada pelos pesquisadores membros do projeto), os autores apontam que é possível desenvolver as atividades sem a presença física do detector, ainda que exista uma preferência pela sua presença, e que a parte do *hands-on* se torne inviável. Entretanto, essa conclusão leva em consideração apenas a opinião dos estudantes e professores, sem realizar análises mais robustas em termos de aprendizagem e etc., nesses dois regimes diferentes. Um outro resultado interessante, expresso em Petropoulos, Tsirigotis e Leisos (2022), é que, segundo os autores, há uma diferença significativa na avaliação dos estudantes sobre a performance dos professores e dos pesquisadores, havendo um maior êxito para os professores.

### 2.3.2 – Nos Estados Unidos: QuarkNet

O QuarkNet é uma colaboração originalmente estadunidense sem fins lucrativos, que desenvolve projetos de física de partículas com professores e estudantes do ensino médio. Dentre esses projetos, um de destaque é o de raios cósmicos. Os centros do QuarkNet estão localizados em mais de 50 universidades dos EUA e de Puerto Rico, sendo que quatro países adotaram o modelo de programa de seu projeto de raios cósmicos, sendo eles: Alemanha, Taiwan, Japão e Reino Unido (BARDEEN, WAYNE e YOUNG, 2018). Um dos diferenciais do QuarkNet é uma atenção explícita a aprendizagem, trazendo referenciais



mais centrais da área de ensino aliada a preocupações mais contextuais dos Estados Unidos, como o *Next Generations Science Standards (NGSS)*. Um dos pontos a serem destacados é que o QuarkNet é financiado pelo *National Science Foundation (NSF)*, instituição que historicamente é preocupada com a relação entre a sociedade e a comunidade científica nos EUA, sendo que ela também financiou o já citado PSSC.

Bardeen *et al* (2006) e Bardeen, Wayne e Young (2018) são dois artigos representativos para compreendermos o projeto de raios cósmicos. Os autores enxergam no detector o *como ensinar* – através de uma aprendizagem baseada em projetos (*project-based learning*), em que os estudantes lidam com problemas pouco estruturados, ajudando-os a adquirir conhecimento e desenvolver habilidades (BARDEEN *et al*, p.700, 2006).

Em Bardeen *et al* (2006), vemos seu primeiro estágio de amadurecimento, com foco em um dos destaques do projeto – o e-Lab. Neste artigo, os autores explicitam que o ambiente virtual para os estudantes é construído com base nos sites que os próprios cientistas utilizam, pois esse ambiente facilita a aprendizagem, levando em consideração estudos anteriores. A plataforma permite também que os estudantes interajam, comentem e recebam feedback de seus colegas, podendo modificar o que estavam fazendo anteriormente. Os autores também apontam que, tanto para estudantes quanto para professores, essa plataforma precisa ter certos “objetivos intermediários”, que guiem os usuários no que eles devem fazer. Também falam sobre a importância de workshops com professores.

Já em Bardeen, Wayne e Young (2018), numa versão mais madura do projeto, os autores já não utilizam a expressão *project-based learning*, embora a ideia permaneça a mesma: ensinar emulando a forma como os cientistas fazem ciência. Dessa forma, manifestam também preocupações quanto à *natureza da ciência* a ser ensinada, que deve então refletir a prática da ciência contemporânea, na qual ressaltam que não há “O” método científico, mas sem utilizar do termo natureza da ciência nem de referenciais específicos. É nesse artigo que há maior aproximação com o NGSS.

Eles apontam também que o programa do QuarkNet busca melhorar com o tempo, citando quatro questões de pesquisa, que são estudadas a partir de métodos específicos para cada tipo de pergunta. Para ilustrar, uma das questões de estudo é “Até que ponto o QuarkNet cria oportunidades para os professores e os apoia na oferta de oportunidades para os alunos com o objetivo de aumentar sua alfabetização científica e aprender física e pesquisa de ponta?” (BARDEEN; WAYNE; YOUNG, tradução nossa, p.4, 2018). Para investigar essa questão, há *reports* de avaliadores que acompanham workshops de formação continuada para professores, em que seguem um protocolo para analisar diferentes critérios.

Por fim, um dos pontos mais importantes desse projeto é o grande banco de atividades<sup>39</sup> que eles possuem sobre raios cósmicos (17 atividades), somando 37 atividades de física de partículas no total, sendo que elas seguem o NGSS.

---

<sup>39</sup> <https://quarknet.i2u2.org/data-portfolio> (acesso: 10/05/2022, às 14:00hs)

### 2.3.3 – Nos Países Baixos: HiSPARC

Tal como o QuarkNet, embora a origem do *High School Project on Astrophysics Research With Cosmic* (HiSPARC) seja em um determinado local, no caso os Países Baixos em 2003 (OSINGA, p.2, 2014), o projeto logo se propagou para outros países, como a Dinamarca e o Reino Unido (OSINGA, p. 2, 2014) e mais recentemente para um país africano, a Namíbia (DAM *et al*, p.2, 2020). O interessante de analisar desse projeto é que há algumas produções acadêmicas tanto no contexto do Reino Unido, quanto no dos Países Baixos, sendo que os dois currículos são distintos, o que acaba provocando uma variação na forma como o projeto é implementado.

Discutindo primeiro nos Países Baixos, se por um lado o projeto teve boa evolução estrutural – em cinco anos de projeto, haviam em torno de 48 detectores (COLLE; LASCARIS; TÁNCZOS, p. 48, 2007), sendo que em 2020 o projeto já contava com 140 estações de detecção (que podem ter mais de um detector) (DAM *et al*, p. 2, 2020), além da adesão do projeto por outros países – por outro, o lado educacional parece estar mais nebuloso. No artigo de 2007, Colle, Lascaris e Táncoz descrevem com certo entusiasmo os avanços educacionais. Os autores apontam como havia uma certa dificuldade de inserir os alunos de forma genuína na análise de dados, mas que foi algo que estava sendo superado com um material didático que estava sendo elaborado. Também apontam que o projeto tem espaço no currículo, para as aulas regulares nas escolas, mesmo com a mudança curricular que estava por vir em 2010, em que o ensino seria centrado em uma “abordagem conceito-contexto”, com as escolas livres para escolher os módulos de ensino, além de haver também um novo curso de ciências que integre todas as ciências. Os autores apontam então que estariam desenvolvendo um material que desse conta tanto dos módulos, quanto da integração das ciências.

Entretanto, os links mencionados para os materiais elaborados não funcionam mais. Também não os encontramos no site do grupo<sup>40</sup>, muito menos artigos que explorem o material produzido ou mencione alguma experiência envolvendo-o. O que há no site é a plataforma Jupyter, que também é utilizada no projeto brasileiro, como iremos expor posteriormente. No final do artigo de 2020, que foca na estrutura tecnológica do projeto, Dam *et al* (tradução nossa, p. 16, 2020) afirma apenas que:

O HiSPARC está coletando dados há mais de 15 anos. Um currículo do ensino médio holandês contendo capítulos sobre mecânica quântica, física de partículas e relatividade especial em combinação com um baixo custo (5000 €/10.000 €), estação HiSPARC robusta, dados de fácil acesso (pré-processados e brutos) e uma extensa biblioteca com

<sup>40</sup> <https://www.hisparc.nl/en/> (acesso em: 17/05/2022, às 20:00hs)

ferramentas de análise, são as chaves do sucesso. HiSPARC traz ciência e pesquisa para a sala de aula!

Já no contexto do Reino Unido, mais especificamente, na Inglaterra, a dissertação na área de Educação Científica do Osinga (2014) traz resultados interessantes. A Inglaterra possui um currículo mais rígido, de forma que o projeto encontra pouco espaço na educação formal, havendo mais atividades extracurricular, como aponta o autor. Esse fato também foi apontado em 2020, quando nós fizemos uma entrevista online com uma pesquisadora que integra o projeto na Universidade de Birmigham. O objetivo da dissertação de Osinga(2014) é, em síntese, entender o que os estudantes aprendem, por que estudantes e professores participam do projeto e até que ponto, o objetivo do HiSPARC (de melhorar o interesse do público em geral na ciência, atrair estudantes para a carreira científica e fazer pesquisa científica) está sendo atingido.

Para isso, Osinga (p. 17, 2014) realiza um conjunto de entrevistas com estudantes e aplica questionários para professores e estudantes que participaram de um dos projetos de extensão durante o ano acadêmico de 2012/2013. Não há muita clareza nas atividades desenvolvidas ao longo desse ano, apenas que os estudantes provavelmente dedicaram por volta de 1 hora por semana (p.37), trabalhando na construção de detectores (p. 37), que envolve a calibração (p.78-79), a medição do fluxo de raios cósmicos (p. 79) e alguns cálculos elementares a partir dessa medição (p. 79) (esses tipos de atividades são, via de regra, o que é realizado em projetos de raios cósmicos). Em nossos termos, nas entrevistas as perguntas para os estudantes percorrem a dimensão conceitual (e.g. “O que são raios cósmicos?”), instrumental (e.g. “Quais tecnologias estão sendo usadas nos detectores do HiSPARC?”) e metodológica (e.g. “Quais são as etapas básicas ao fazer pesquisa científica?”) (OSINGA, tradução nossa, p.18-19, 2014), além de questões mais gerais sobre o projeto, buscando a opinião dos estudantes. Segundo o autor, “Essas questões foram propostas como as mais importantes, de acordo com alunos de doutorado do Departamento de Física de Partículas da Universidade de Bristol” (OSINGA, tradução nossa, p.18, 2014). Já os questionários, para os estudantes consistem de uma avaliação numérica de 1 a 5 para perguntas que correspondem a posturas em relação ao conhecimento e quanto ao projeto. Para os professores, há um conjunto de perguntas dissertativas, que compreendem a postura do professor frente à educação de forma mais ampla, bem como frente ao projeto HiSPARC. Quanto aos resultados, alguns pontos da discussão são interessantes:

[...] Quatro em cada cinco alunos do sexto superior entrevistados não foram capazes de explicar o que são os raios cósmicos. Eles sabem que as partículas vêm do espaço, mas a origem mais comum dos raios cósmicos dada pelos alunos foi ‘o Sol’. Além disso, a maioria dos alunos não sabe quais tecnologias são usadas pelos detectores HiSPARC para medir os raios cósmicos e como se pode deduzir a direção do chuveiro. (OSINGA, tradução nossa, p. 37, 2014)

Esse apontamento é importante, uma vez que a forma como o HiSPARC realiza suas atividades é muito semelhante a como os outros projetos realizam. Se os estudantes não estão aprendendo, então algo está errado. Entretanto, é necessário um pouco de cautela, apesar de ser bem plausível que o aprendizado dos estudantes não seja dos melhores, uma vez que as ações desenvolvidas são mais “intuitivas”. É notório que, apesar da dissertação ser interessante e estar bem redigida, em alguns momentos falta referências mais específicas da educação científica. Por exemplo, na própria exposição da metodologia, na parte das entrevistas, não há menção a referências mais específicas sobre esse tipo de instrumento, que possui uma vasta literatura. Isso acaba refletindo nas próprias perguntas formuladas, que apesar de haver reflexão em sua formulação bem como um “atestado de validade” dado por doutorandos da área de física, são frutos de uma reflexão não mediada por referências.

Quais as implicações disso? Ao que tudo indica, as entrevistas foram conduzidas de forma rígida, em que ligou-se o gravador, foi lida a primeira pergunta “O que são raios cósmicos” e após a resposta veio as perguntas seguintes. Um primeiro ponto é que essa estrutura carrega a cultura escolar para a entrevista – o estudante se sente realizando uma prova oral, evitando ser espontâneo. Também é possível que os estudantes não tenham compreendido que a resposta que deveria ter sido dada é aquela que aprendemos ao imergir nessa área à nível de divulgação científica: “raios cósmicos são partículas de altas energias, essencialmente núcleos de prótons [...]”. Perguntas do tipo “o que é [...]” podem trazer dificuldade (“o que é mesa?”) se qual deve ser a interpretação da pergunta não estiver clara. Em nenhum momento se perguntou aos estudantes “Como calcular o número de partículas que atravessa o cintilador por metro ao quadrado por segundo”, que foi uma das perguntas que eles responderam em atividade (p. 79), e a essa pergunta a resposta esperada está clara. Em uma entrevista semiestruturada, mediante a resposta do estudante, o entrevistador poderia inserir novas perguntas ao supor que o estudante não havia compreendido bem o sentido da pergunta – o objetivo não é dar uma “prova oral”, mas investigar o aprendizado. Entretanto, estamos aqui no campo da suposição, uma vez que não há a transcrição das entrevistas.

Eles têm conhecimento dos passos básicos da pesquisa científica; sabem por que é necessário formular uma hipótese; e entendem por que é importante repetir a mesma pesquisa várias vezes. No entanto, o conhecimento sobre a pesquisa científica não é adquirido pela participação dos alunos no HiSPARC, mas pelas aulas de ciências. A conversa com outros alunos confirmou que os alunos que participaram no HiSPARC no ano letivo 2012/2013 não aprenderam muito sobre os raios cósmicos ou os detectores. (OSINGA, tradução nossa, p. 37, 2014)

Aqui também é um outro ponto que falta referencial. A pergunta realizada na entrevista é altamente sugestiva a uma resposta comum de método científico (“Quais são as

etapas básicas ao fazer pesquisa científica?”). Mesmo as perguntas seguintes, também seguem razoavelmente a mesma lógica. Entretanto, deixando de lado as críticas possíveis a essa visão de ciência, que as pesquisas em Natureza da Ciência (por exemplo) tanto repudiam, as perguntas escolhidas não foram adequadas. Um dos objetivos do projeto é trazer ciência contemporânea para estudantes do ensino médio; se o objetivo é investigar o aprendizado em termos de metodologia científica a partir desse projeto, então as perguntas devem ser quanto a aspectos metodológicos que são particulares da física contemporânea, mas que não são evidentes na física clássica.

Outras constatações feitas pelo autor, a partir dos questionários (esses sim, elaborados com base em referências), são interessantes e deixados a seguir.

[...] A maioria dos alunos participa do HiSPARC porque eles experienciam o conteúdo com emoção. Os alunos afirmam que gostam do fato de estarem contribuindo para a física de ponta que está além do alcance normal dos cursos de ciências. Portanto, a segunda razão mais importante para participar é porque o HiSPARC se diferencia de outros cursos de ciências. Desafia os alunos e, portanto, eles pensam que terão uma vantagem sobre os outros ao se candidatarem à universidade. (OSINGA, tradução nossa, p. i, 2014)

[...] Os professores afirmam que participam do HiSPARC porque querem oferecer ciência real aos alunos do ensino médio. Estar envolvido em projetos de física de ponta não é apenas divertido para os alunos, mas também pode ajudá-los a entrar em boas universidades. Os professores acham que os objetivos mais importantes do HiSPARC são envolver os alunos na pesquisa em astrofísica, fazer contatos com outras escolas e fazer parceria com uma universidade líder. (OSINGA, tradução nossa, p. ii, 2014)

### 2.3.4 – Comentários sobre outros projetos

Do ponto de vista educacional, os projetos citados anteriormente foram os mais interessantes que encontramos, porque disponibilizam maiores informações sobre as atividades de ensino. Faremos agora alguns comentários sobre outros projetos, em que em geral, as discussões sobre a tecnologia de detecção seguem o mesmo movimento que o do HELYCON, enquanto que as atividades de divulgação são muito semelhantes ao que acontece na Inglaterra, com o HiSPARC. Mas isso não implica que esses projetos são os “vanguardistas” que originaram uma moda a ser seguida, até porque diversos projetos são anteriores a eles.

O Extreme Energy Events (EEE) na Itália é um dos projetos que mais leva a sério a participação dos estudantes na produção da ciência.<sup>41</sup> Dois objetivos principais desse projeto é o próprio desenvolvimento científico, bem como maximizar a cultura científica na Itália.

Durante os últimos 10 anos milhares de alunos participaram do Projeto e foram apresentados a um trabalho de pesquisa avançada, vivenciando todas as fases de um verdadeiro experimento de física: equipes selecionadas de alunos **constroem as câmaras do telescópio nos laboratórios do CERN** sob a supervisão de pesquisadores; participam da instalação dos telescópios na escola; **monitoram diariamente os telescópios** e a qualidade dos dados, compilando um diário de bordo dedicado; eles participam de reuniões mensais onde podem compartilhar sua experiência com pesquisadores e estudantes de outras regiões italianas; eles têm a possibilidade de aprender sobre física de raios cósmicos, técnicas de detecção e tópicos relacionados. Todas estas atividades podem ser resumidas pelo lema da EEE "**Trazer a Ciência ao Coração dos Jovens**". (LA ROCCA *et al*, tradução nossa, grifo nosso, p.4, 2020)

Nós realizamos uma entrevista com um pós-graduando em Física de Partículas na USP que, quando tinha entre 17 e 18 anos, participou como estudante do projeto do EEE. Ele conta que lembra de ter tido algumas aulas de programação em C++ e análise de dados, bem como a discussão de alguns conceitos físicos que na época não entendia muito bem. Sua visita ao CERN durou uma semana, na qual foi ele e mais seis estudantes no total, em que construíram quatro detectores, um para cada escola ali presente. A princípio, o entrevistado não pensava em cursar física, mas sim química, sendo que a experiência no projeto foi determinante para a escolha da carreira.

Quanto ao projeto de Portugal, é possível encontrar boa discussão na monografia da Theodoro (2008), bem como sobre o projeto CHICOS, que era dos EUA, mas que não possui mais página ativa na web.

## 2.4 – CELESTE: O Projeto Brasileiro

---

<sup>41</sup> Alguns estudantes chegaram a contribuir para uma conferência, como conta Elisa Prandini em uma apresentação no International Cosmic Day  
[https://www.youtube.com/watch?v=qS5KvWNpYLQ&list=PLNdMuBk8Zn22gzK2voul2ZMp66qIoR21S&t=723s&ab\\_channel=DeutschesElektronen-Synchrotron](https://www.youtube.com/watch?v=qS5KvWNpYLQ&list=PLNdMuBk8Zn22gzK2voul2ZMp66qIoR21S&t=723s&ab_channel=DeutschesElektronen-Synchrotron)

Apresentaremos o projeto brasileiro, que em 2023 foi nomeado com o acrônimo CELESTE, que significa *Cosmic rays sciencE Lab Experiment for Students and TEachers*, ao qual essa dissertação está vinculada. Inicialmente, discutiremos brevemente as justificativas do projeto manifestadas formalmente por meio do projeto enviado e aprovado pelo CNPq em 2019 – que não são, elas mesmas, as justificativas da presente dissertação (que foram apresentadas no capítulo 1), embora guardem boa relação. Em seguida, discutiremos a estrutura tecnológica do projeto.

#### 2.4.1 – As justificativas do projeto CNPq

As justificativas são apresentadas ao longo de seis páginas. O ponto central da argumentação é o compromisso com a justiça social.

[...] segundo a autora (Fraser, 2002), justiça social é poder promover um duplo reconhecimento de distribuição equitativa (do saber científico) e o reconhecimento daqueles que o possuem da relevância desse conhecimento como importante meio para a diminuição das diferenças sociais e educacionais. (COSMICO, 2019, p.4)

Em síntese, reconhecendo que saber ciência é não somente entender os conceitos, mas também os modos de fazer e o seu processo como atividade colaborativa, os autores apontam desafios da educação pública (evasão escolar, exclusão escolar através do gênero, problemas de baixa renda, etc.), e com isso, apostam que o projeto pode contribuir para a diminuição da desigualdade social e cultural, uma vez que os conhecimentos de FMC são aqueles que possuem maior valor social dentre os conteúdos da física. Reconhece-se também as dificuldades desse conhecimento, e acredita-se que o projeto tem potencial para superar algumas delas. Por exemplo, a fenomenologia é de difícil acesso, mas tal projeto tem potencial de facilitar esse contato.

#### 2.4.2 – A estrutura tecnológica

Assim como os demais projetos, o CELESTE também aprimora sua estrutura tecnológica. A versão mais recente foi publicada por SAITO *et al* (2022). A estrutura tecnológica é montada ao redor das **estações de detecção**. Cada estação é composta por até quatro módulos **frontend**, que consiste de cintiladores (isto é, as placas com um tipo de plástico que emitem luz ao interagir com os múons), SiPMs (fotomultiplicadoras de silício, que transforma a luz em sinal elétrico) e um circuito eletrônico bem como módulos **backend**, formado por um *trigger* (que acusa uma detecção), um temporizador, um sistema de aquisição de dados (que inclui o GPS, temperatura e pressão atmosférica), a construção de um evento (que relaciona todas essas informações) bem como a comunicação desse evento em uma rede, armazenando-o em uma nuvem (SAITO *et al*, 2022).

Como se percebe, esse instrumento está distante de ser um instrumento científico didático – isto é, um instrumento que só tem sentido do ponto de vista escolar. Na verdade, é melhor entendido como um instrumento científico que pode ser utilizado para fins didáticos. Isso porque o equipamento tem potencial para ser utilizado para fins científicos fora da escola. É assim, uma ciência real. Entretanto, cabe explicitar que, na atual versão, os fins científicos a qual ele é adequado é para a contagem de múons. Ao nosso ver, esse dado tem pouco potencial de desencadear alguma publicação científica inesperada.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.3 – (a) uma **estação** de detecção. Na esquerda há o *frontend*, na direita há o *backend*. (b) uma placa cintiladora, que é transparente, em cima de uma mesa. (c) o SiPM. Fonte: acervo pessoal.

Detalhando um pouco mais sobre a detecção, as três dimensões da placa cintiladora variam entre 15 cm x 15 cm x 1 cm até 40 cm x 40 cm x 1 cm (SAITO *et al*, 2022). Cada *frontend* possui duas placas cintiladoras. A detecção é realizada quando a luz é emitida pelas duas placas. Além disso, cada uma delas é ‘embrulhada’ por um papel alumínio, afim de evitar que haja luz externa ou que a luz de uma placa interfira na outra. Detalhes técnicos podem ser consultados em Saito *et al*. (2022).

Além do *hardware*, também existe uma interface de usuário através do Grafana<sup>42</sup>, ilustrada na figura 2.4. Nela é possível ver um conjunto de informações, como os dados coletados por diferentes estações, as condições de temperatura, pressão, umidade e resistência, manifestadas através de diferentes tipos de gráficos.

<sup>42</sup> [https://raioscosmicos.if.usp.br/grafana/d/dU\\_NkvsGz/station?orgId=1&from=now-7d&to=now](https://raioscosmicos.if.usp.br/grafana/d/dU_NkvsGz/station?orgId=1&from=now-7d&to=now)



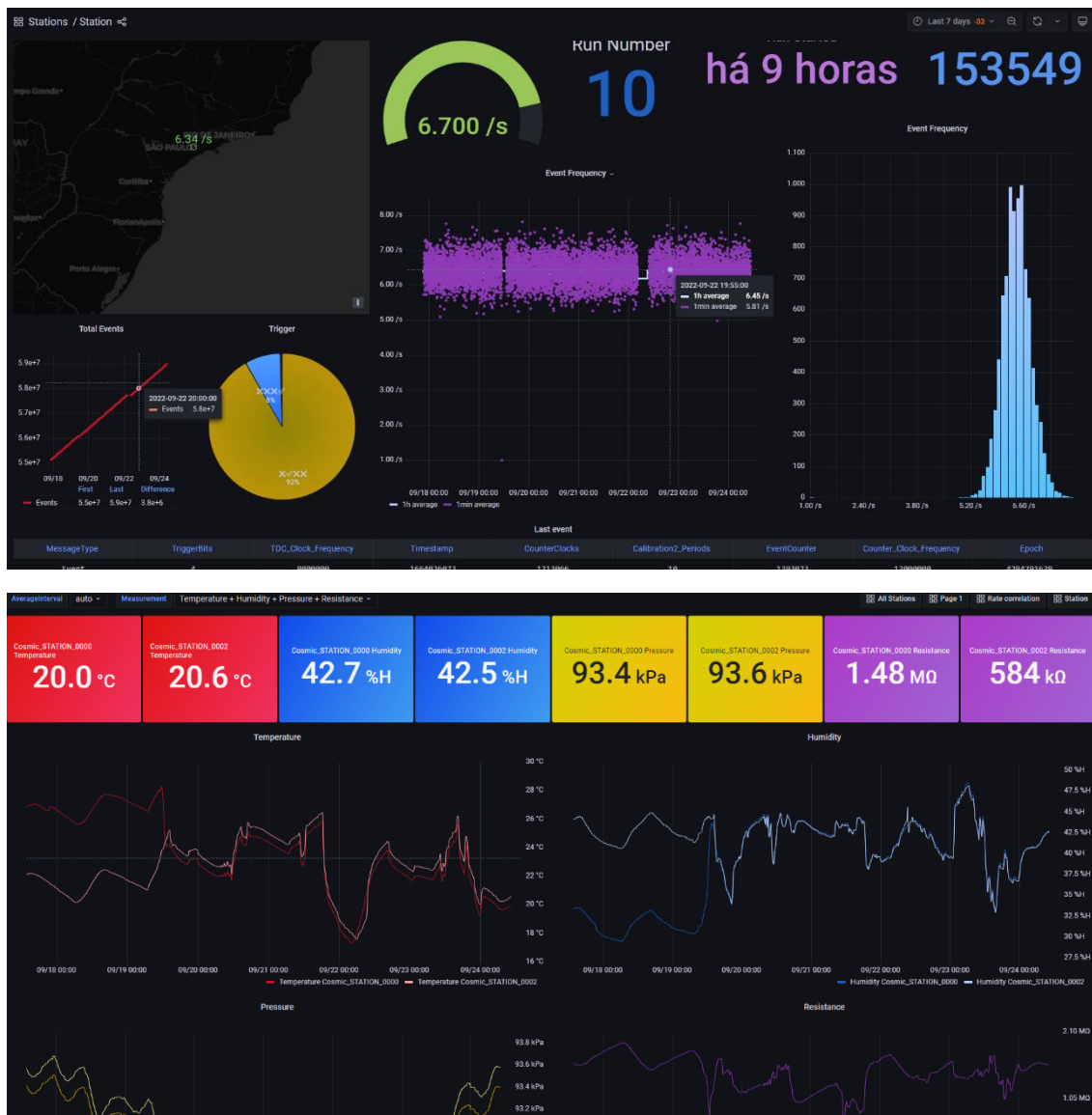


Figura 2.4 – Interface de usuário do projeto CELESTE, através do Grafana. Nela é possível ver um conjunto de informações, como os dados coletados por diferentes estações, as condições de temperatura, pressão, umidade e resistência, manifestadas através de diferentes tipos de gráficos. Fonte: <https://raioscosmicos.if.usp.br/grafana>

## Capítulo 3: Como realizar a Inovação Curricular

Para iniciar esse capítulo, gostaríamos de resgatar alguns pontos da introdução.

Esse trabalho versa sobre a Inovação Curricular (IC) na perspectiva de uma visão processual do currículo. Sacristán (2013), explica que essa visão passa por reconhecer o currículo como processo e *práxis*<sup>43</sup>. Sendo assim, haveria um 1º plano com o texto curricular, um 2º plano com o currículo interpretado por professores e materiais, sendo que no 3º plano se dão as práticas com sujeitos concretos inseridos em um contexto. No 4º plano existiriam os efeitos educacionais reais, mas que estão na dimensão da subjetividade, enquanto que no 5º plano estariam os efeitos comprováveis e comprovados. Embora os planos estejam relacionados, não se pode esperar uma causalidade entre eles (ou seja, esperar que o que se prescreve é o que acontece). O **currículo real** é então não somente o texto, mas também as ações que são empreendidas (1º, 2º e 3º plano), sendo que nessa visão o centro de gravidade da pesquisa deve estar nos efeitos gerados (4º e 5º plano), pois é com eles que podemos apreciar o que realmente se alcança com essa proposta. Na figura 3.1, ilustramos como a visão processual do currículo é entendida na nossa dissertação.

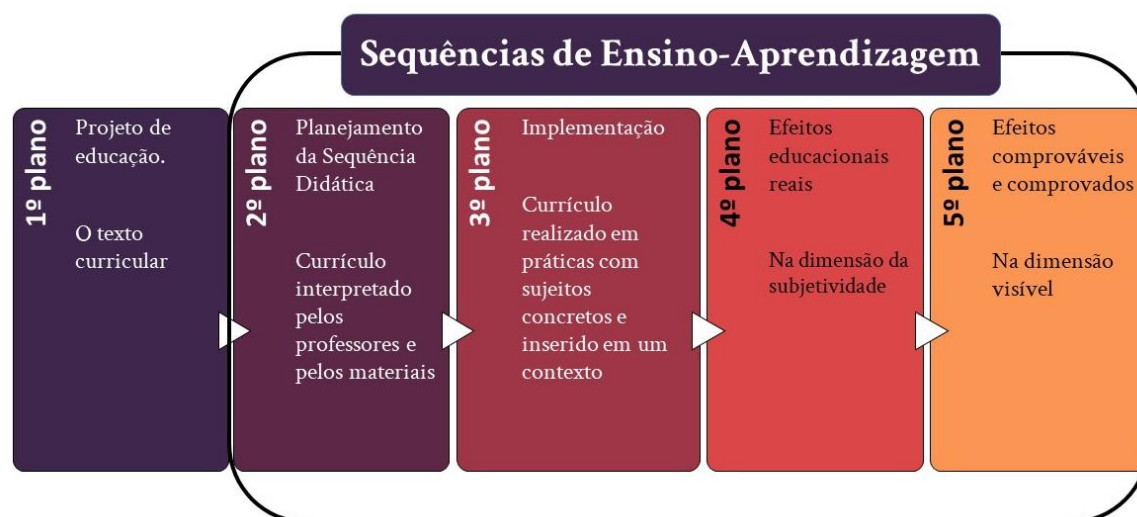


Figura 3.1 – Esquema de concepção do currículo como processo e práxis na perspectiva das Sequências de Ensino-Aprendizagem. Adaptado de Sacristán (2013).

<sup>43</sup> Como Pessanha (2023, p. 47), reconhecemos que “A práxis educativa envolve a indissociabilidade entre teoria e prática e a conscientização sobre essa indissociabilidade como um pré-requisito para pensar e colocar em ação transformações educacionais e didáticas.”

No capítulo 1, elaboramos o que seria o nosso modesto texto curricular, levando em consideração certos condicionantes do capítulo 2. Mas esse texto curricular é a partitura, com a qual poderiam ser desenvolvidas e executadas diferentes músicas (SACRISTÁN, 2013, p.25). Tendo isso, como então planejar uma proposta concreta?

Na pesquisa acadêmica associada à IC, diferentes métodos se consolidaram no início do século XXI. Décadas antes, haviam pesquisas que realizavam o *design* (planejamento) de sequências didáticas, seguido da implementação, análise e por vezes, a melhoria dessa proposta para a reimplementação. Alguns pesquisadores, notando que havia similaridade entre seus trabalhos, buscaram dar origem a formas mais consolidadas de realizar esse tipo de pesquisa. Esse é o caso da *Design-Based Research* (DBR), que tem maior predominância na América do Norte (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p. 12). Um dos marcos dessa abordagem é a publicação do breve artigo de DBR-Collective (2003), em que os autores apontam como uma das preocupações da DBR a falta de credibilidade da pesquisa em educação, que já era apontada por outros pesquisadores<sup>44</sup>.

Similar a DBR, um movimento paralelo acontecia na Europa, que consolidou a existência da *Teaching-Learning Sequences* (TLS). Concordando com Pessanha (2023) que a tradução dessa nomenclatura como Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA) está bem difundida na literatura brasileira, utilizaremos a expressão traduzida. Essa metodologia ou ‘conjunto de métodos’ (KELLY, 2004) está no centro da presente dissertação. Embora nos trabalhos de DBR seja incomum aparecerem referências a SEA (e vice-versa), essa é uma situação que começou a mudar (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p. 12). Um dos aspectos mais importantes da SEA é que ela não é apenas um **produto educacional**, mas fundamentalmente uma **atividade de pesquisa** (MEHEUT & PSILLOS, 2004). Nessa atividade de pesquisa, embora seja teoricamente orientada, o centro de gravidade também está nos efeitos produzidos.

A partir de Kneubil e Pietrocola (2017) sintetizamos que a SEA busca fazer a conexão entre “teorias gerais” da educação (incluindo abordagens cognitivas, epistemológicas, sociológicas e etc.) com a prática de ensino. No geral, são sequências curtas (p. 4). Os “princípios de design” são as hipóteses (educacionais, epistemológicas, cognitivas) de partida para inserir um dado tema (com dadas motivações) (p. 8). A partir dos princípios de design, do tema e de objetivos específicos, se faz o design, que consiste na elaboração da SD, sendo que nessa etapa é interessante contar com a participação do professor implementador (p. 9). Surge então um “produto”, que é a sequência didática, que busca atingir as metas pré-estabelecidas (p. 10). O processo de Design não é único, mesmo para um mesmo princípio de design (p. 9). Após a implementação, avalia-se a SEA e busca-se mudar o design anterior,

---

<sup>44</sup> Essa falta de credibilidade parece estar presente na construção dos itinerários formativos do novo currículo paulista. A participação de pesquisadores universitários se restringiu às “leituras críticas” do documento, que é pouco descritivo e superficial, por pesquisadores de diversas áreas da UNESP, além de outros professores da educação básica e pessoas do sistema privado. (página 214, acesso 29/06/2022:

[https://novoensinomedio.educacao.sp.gov.br/assets/docs\\_ni/Catalogo\\_Detalhado\\_dos\\_Aprofundamentos\\_Curriculares\\_final.pdf](https://novoensinomedio.educacao.sp.gov.br/assets/docs_ni/Catalogo_Detalhado_dos_Aprofundamentos_Curriculares_final.pdf))

caracterizando como um **processo iterativo** (p. 11 e p. 8). Por fim, com a SEA você possui um “produto” passível de ser transferido para outros pesquisadores e professores (p. 10).

Nesse sentido, construiremos um método a partir da SEA, e com ele realizaremos o planejamento (o 2º plano da figura 3.1), a implementação (3º plano) e a análise da implementação (4º e 5º plano). Com isso, restringimos as possibilidades de músicas que podem ser produzidas a partir da partitura (o texto curricular). Mas para construir esse método, precisamos inicialmente esclarecer o que é a SEA. Mais especificamente, queremos investigar as seguintes questões no capítulo 3, que auxiliarão a responder outras questões no capítulo 4:

#### **Questões permeando o 2º, 3º, 4º e 5º plano – Quanto a SEA:**

- Como explicar o que é a SEA? [Capítulo 3]
- O que significa a SEA ser empírica? [Capítulo 3]
- Qual é o status epistêmico da SEA (método, metodologia, atividade de pesquisa, produto, comunidade...)? [Capítulo 3]
- Como elaborar um método de SEA que atenda às necessidades do grupo? [Capítulo 4]
- Como potencializar as contribuições dos princípios de Design para o design? [Capítulo 4]
- Como os professores contribuem para o design e como potencializar essa contribuição? [Capítulo 4]

A importância dessas questões será explicitada no decorrer do capítulo.

## **3.1 – As pesquisas sobre *design*.**

Em 2004, Antony Kelly, ao escrever sobre as “*pesquisas design*” na educação, comentou a dificuldade de discutir sobre métodos emergentes. De fato, entre 2003 e 2005, diferentes revistas dedicaram números especiais para as “*pesquisas design*”, que hoje são principalmente conhecidas pelos rótulos *Design-Based Research* (DBR) e *Teaching-Learning Sequence* (TLS [SEA]). Quase duas décadas depois, ainda é difícil tecer comentários. Não é por acaso que por vezes, ao apresentar a DBR ou a SEA, os autores optam por apontar como diferentes grupos realizam essa atividade de pesquisa, ao invés de uma apresentação mais sistematizada sobre a área.

Estamos propositalmente evitando utilizar a palavra *metodologia* para falar sobre a SEA e a DBR, palavra que por vezes é utilizada. Em 2004, Kelly argumentava que as “*pesquisas design*” eram, na verdade, um conjunto de **métodos**.

“Um método é um procedimento, um processo, um conjunto de passos a seguir. Os estudos de design até o momento foram descritos principalmente usando um conjunto de descritores de processo (por exemplo, esses estudos são intervencionistas, iterativos, focados em processos, colaborativos, multiníveis, orientados para a utilidade e orientados para a teoria, [...]” (KELLY, 2004, p.118, tradução nossa)

Para que essas pesquisas fossem “promovidas” a metodologia, seria necessária uma estrutura conceitual que sustentasse o valor dessas afirmações. Visando uma metodologia madura, ao longo de 12 seções o autor aborda as características necessárias e os problemas a serem enfrentados. Realizando um trabalho de síntese e reunindo diferentes seções, temos:

1. **Gramática argumentativa:** é a lógica que guia o método e suporta a forma de raciocinar a partir dos dados obtidos, auxiliando o *logos (razão)* da metodologia. É uma parte importante para o processo de revisão por pares. Indo além, deve-se buscar mecanismos que minimizem a ocorrência de vies (*bias*) na análise dos dados.
2. **Problema da Demarcação:** contribuir para a questão de como distinguir afirmações verdadeiras e falsas sobre ensino e aprendizagem.
3. **Problemas para Generalização:** Como os estudos são realizados com poucos estudantes, existe um problema na generalização para um número maior de estudantes de uma mesma escola. Indo além, os contextos entre duas escolas podem variar radicalmente. Para agravar, a implementação de uma SEA é distante de ser um “experimento controlado”, o que dificulta a proposição de afirmações causais sobre o comportamento dos estudantes.
4. **Matriz disciplinar**<sup>45</sup>: o avanço da comunidade não depende apenas de “testar hipóteses para produzir generalizações”. Esse avanço pode vir por outras vias, como a partir da emergência de novas boas questões e boas hipóteses, que não advém da revisão da literatura, mas sim da prática de “formular modelos” em uma SEA, ou seja, pela vivência da prática dessa pesquisa. Por outro lado, o avanço da comunidade também pode vir a partir de SEA’s anteriores, aplicadas em outros contextos, mas cuja a estrutura teórica pode ser em parte reaproveitada, adaptada e expandida.
5. **Uso da Linguagem Técnica:** com o alargamento da comunidade e a promoção dos trabalhos, deve-se ter os significados dos termos bem estabelecidos e utilizar termos “que funcionem”. Por exemplo, o termo *teoria* parece não ser muito adequado, como argumenta Kelly (2004).

---

<sup>45</sup> Kelly (2004) aborda esses aspectos nas seções “*problem of meaningfulness*” e “*Generalization of conceptual frameworks or articulation*”, sem fazer referência a essa nomenclatura e sem utilizar o termo comunidade, que foram escolhidos por motivações a serem explicitadas mais pra frente.

6. **Balanceamento entre afirmações contingentes e necessárias:** O fato do alvo da pesquisa de *Design* ser o mundo real, com todas as “ [...] vicissitudes de seus atores, seus comportamentos e a complexidade de um determinado contexto” (p. 125), faz com que seja impossível haver um mapeamento de um para um entre o *planejamento* e o *fenômeno*. Dessa forma, um *Design* é sempre composto pelo balanceamento entre o *contingente* (as partes do design que em até certo ponto são arbitrárias) e o *necessário* (o embasamento teórico que é necessário para compreender e lidar com um determinado fenômeno).

Os problemas e características listados acima fazem parte do que chamamos de *questões meta*, que são questões *sobre* a SEA e, em parte, já receberam algumas contribuições. Para além delas, há também *questões da área*, sendo questões *da* SEA, que emergiram a partir de diferentes estudos da SEA, isto é, a partir da matriz disciplinar, e serão apresentadas futuramente<sup>46</sup>. Dentre esses pontos, acreditamos que 4, 5 e 6 já estão em boa fase de maturidade nos trabalhos centrais da área, enquanto que 1, 2 e 3 carecem de maiores contribuições.

Ao longo deste capítulo, pretendemos contribuir para a compreensão da **Matriz Disciplinar**, do **Uso da Linguagem Técnica** e do **Balanceamento entre afirmações contingentes e necessárias**. Para isso, realizaremos a proposição de dois conceitos (comunidade e postura empírica), bem como **explicar** a SEA, ao invés de **descrever** (o que seria muito difícil e parcial dado o volume de trabalhos) ou **justificar** (que seria por si só o objeto de uma tese). A tarefa da explicação envolve a atribuição de conceitos e, com isso, ilustrar como esses conceitos se manifestam, podendo contribuir para a sua justificativa. É nesse momento que apresentaremos as *questões da área*, que serão consideradas no nosso método. Portanto, em ordem, iremos:

- Apontar as principais características da SEA, evidenciando as *questões da área*. Sugerimos que na literatura brasileira há um número significativo de incompatibilidades no que tange à explicação de o que é uma SEA.
- Dentre os diferentes significados que podem ter, propor que a SEA e a DBR são, por uma razão histórica, *diferentes comunidades* e independentes entre si, que contemporaneamente compartilham similaridades e diferenças.
- Propor o entendimento da dimensão empírica em termos de *postura empírica*.

## 3.2 – Introdução às Sequências de Ensino-Aprendizagem

---

<sup>46</sup> Alguns exemplos seriam: Como potencializar a contribuição dos princípios de design para o design? Como os professores realmente contribuem para o design? Como os dados coletados contribuem para o redesign?

Como antecipamos, nossa pretensão aqui é a de explicar a SEA. Em nossa perspectiva, a revisão bibliográfica dessa literatura por vezes parece ser descritiva (TAMIOSSO & PIGATTO, 2020; MESQUITA *et al*, 2021; BARROS & FERREIRA, 2013; SILVA, 2017), e em outros casos, **explicativa**. Vejamos alguns exemplos de trabalhos que entendemos realizar isso. Méheut e Psillos (2004), e também Méheut (2005), busca abordar o estado da arte da SEA, e para isso, elaboram um losango didático, que tem ganhado espaço na literatura brasileira (BARROS & FERREIRA, 2013).

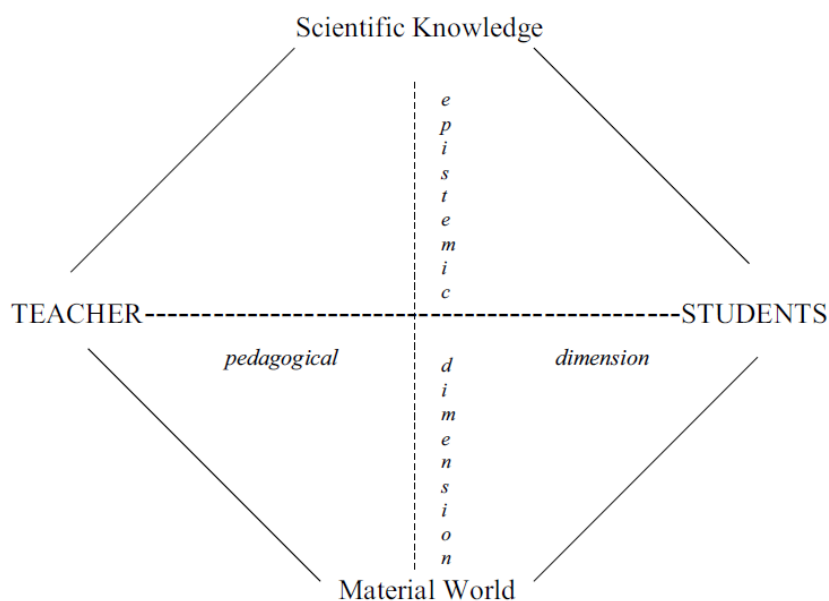


Figura 3.2 – Reprodução do losango didático. Fonte: Méheut (2005, p.197).

Neste losango, observa-se na parte superior do eixo vertical (denominado dimensão epistêmica) o conhecimento científico, e na parte inferior o mundo material. No eixo horizontal (denominado dimensão pedagógica) observamos na parte esquerda o professor e na parte direita os estudantes. Cada uma dessas partes está conectada uma a uma.

Méheut & Psillos (2004) ilustram o uso do losango com três exemplos, com base nas pesquisas desenvolvidas a partir de 1970. O primeiro, seria que as abordagens *construtivistas* são situadas no lado “estudantes e mundo material” (p. 519). O segundo, seria outras abordagens que esperam que os estudantes usem conhecimentos científicos para solucionar problemas bem planejados, em que implicitamente se assume que as “forças motrizes epistêmicas” podem atuar como “forças motrizes da aprendizagem”, e estariam mais próximo do epistêmico, numa conexão “conhecimento científico e mundo material” (p. 521). Por fim os autores apontam o *construtivismo integrado*, em trabalhos que combinam referências cognitivas e epistemológicas, por vezes com uma abordagem de modelos, que estariam localizados mais à direita, numa junção “conhecimento científico, estudantes e mundo material” (p.522).

Um outro trabalho é o de Kneubil e Pietrocola (2017). Numa revisão bibliográfica SEA-DBR, propõe o seguinte esquema sobre o processo de *design*:

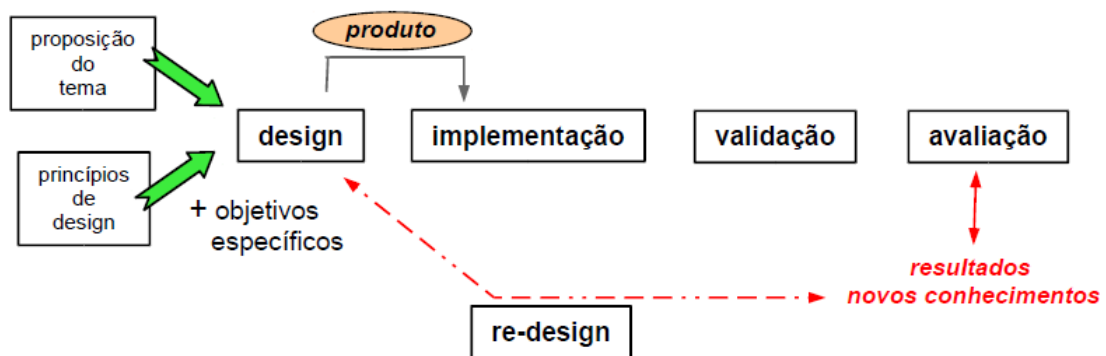


Figura 3.3 – Reprodução do esquema “Etapas de Design”. Fonte: Kneubil e Pietrocola (2017, p.10).

Embora isso não seja dito pelos autores, entendemos que esse artigo de revisão busca **explicar** a SEA, uma vez que ao descrever as características de uma SEA, os autores elaboram um esquema e atribuem conceitos, buscando descrever como os trabalhos podem ser *entendidos* nesse molde.

Nessa seção realizaremos um trabalho semelhante ao de Kneubil e Pietrocola (2017). Explicaremos a SEA a partir de um esquema semelhante ao deles. As diferenças serão melhor compreendidas ao decorrer do texto.

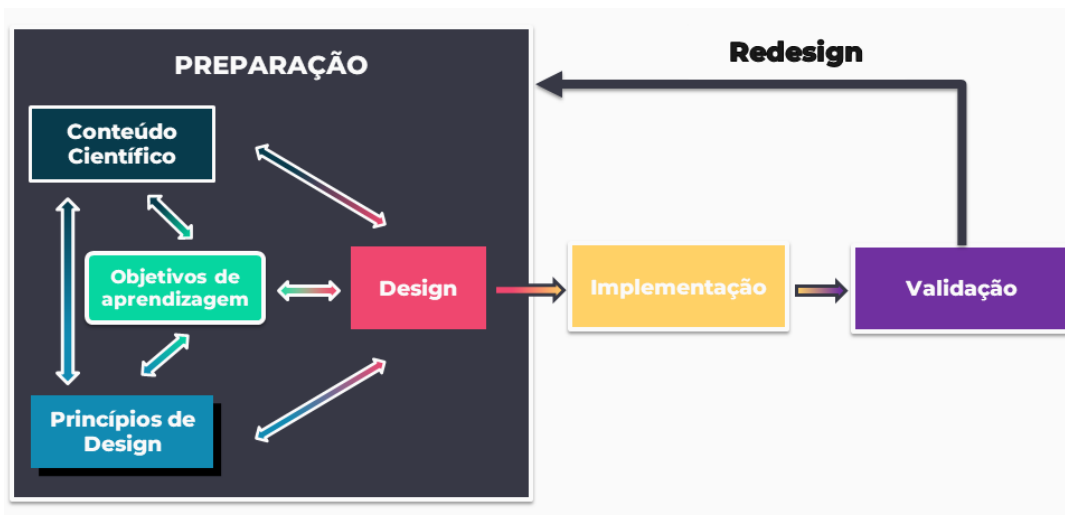


Figura 3.4 – Esquema do processo de design. Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 3.4, propomos que a SEA é dividida em três grandes etapas. A primeira é a preparação, em que se prepara todos os materiais e procedimentos da sequência didática. A segunda é a implementação dessa sequência. Por fim, a terceira é a etapa de validação, em que se avalia o que deu certo e o que deu errado, afim de obter conhecimento para o redesign, que consiste em voltar para a etapa de preparação. Essas seriam as etapas que identificamos



que a comunidade, com sua postura empírica<sup>47</sup>, considera o “padrão ouro” para uma SEA. Esse é, evidentemente, um processo iterativo. A seguir, argumentamos no que consiste essas etapas.

### 3.2.1 – Princípios de Design

Kneubil e Pietrocola (2017) afirmam que os princípios de *design* são pressupostos teóricos “[...] que servem de base no planejamento de uma intervenção, podendo ser epistemológicos, didáticos, axiológicos, de aprendizagem ou, ainda, uma combinação deles.” (p.8). Notamos também que embora uma proposta possa ter vários princípios de design, é comum que um ou dois assumam maior relevância (PESSANHA, 2023, p.55).

No início da área, a expressão *princípios de design* não possuía um referente em inglês que era plenamente reconhecido. A título de exemplo, na edição especial do *International Journal of Science Education (IJSE)* em 2004, dos 7 artigos sobre SEA, o único que utiliza essa expressão é o de Kabapinar, Leach & Scott (2004). Numa SEA sobre *solubilidade*, os autores abordam os princípios de design em três ‘perspectivas’. A primeira, foi a partir da revisão de artigos que buscavam promover a compreensão conceitual e estudos sobre representações de partículas. A segunda foi a partir de contribuições do sócio construtivismo de Vygotsky para o papel do professor e o aprendizado dos estudantes. A terceira, foi a *learning demand*, que explora as diferenças ontológicas e epistemológicas expressa na linguagem científica e do cotidiano. No artigo, essas perspectivas são apresentadas através de sínteses, que são constituídas por poucos parágrafos, onde se explicita a contribuição que parece ter sido mais relevante para o *design*.

É nesse sentido que também entendemos os *princípios de design*, que é diferente de como aparecia em alguns trabalhos daquele período. Por exemplo, para Stolk *et al* (2005, p.171) os ‘*design principles*’ surgem a partir da realização do ciclo de implementação, sendo princípios úteis para outros ciclos. No contexto da DBR, essa forma de entender os princípios de design tem adeptos contemporaneamente, como é o caso da Bauer-Marschallinger (2019) – nessa abordagem, os ‘*design principles*’ são altamente dependentes do contexto, cabendo ao professor considerar isso quando for implementar em outro contexto. Já em Psillos, Spyrtou e Kariotoglou (2005, p.123), *design principles* surgem em um sentido mais restrito, a partir de uma sequência de etapas que realiza uma análise minuciosa do conteúdo científico e dos referenciais pedagógicos. Anos depois, Psillos e Kariotoglou (2016) parecem compreender a expressão no mesmo sentido que propomos aqui, sendo uma expressão bem disseminada nesse livro que eles editaram.

Se entendemos os princípios de design dessa forma, uma questão que emerge dessas discussões é: **(1) Como os princípios de design contribuem para o design?** Essa questão não é de forma alguma nova, e de forma implícita ela aparece nos trabalhos que produzem uma SEA. No próprio trabalho de Kabapinar, Leach & Scott (2004) o esforço que os autores

---

<sup>47</sup> O conceito de comunidade e de postura empírica serão discutidos nas próximas seções.

realizam é de tentar sintetizar as contribuições mais importantes dessas ‘perspectivas’, que dada a grande produção de trabalhos intelectuais, poderiam individualmente serem objetos de pesquisa.

Um dos autores que avançam nessa problemática é Andrée Tiberghien. Fazendo parte da edição especial do IJSE com o trabalho Buty, Tiberghien e Maréchal (2004), o autor publica o trabalho Tiberghien, Vince e Gaidioz (2009) localizando-o como DBR e tratando DBR como SEA. Neste trabalho os autores adotam o termo *teoria* para falar sobre os referenciais, e se filiam as problemáticas já conhecidas da DBR, na defesa de que a “*Teoria deve realizar um trabalho real*” (COBB *et al* (2003) apud TIBERGHIE, VINCE & GAIDIOZ, 2009, p. 2276). Os autores propõem ainda uma separação entre as “*grandes teorias*” e as “*teorias específicas*”.

Segundo eles, as **grandes teorias** são associadas a **três polos: conhecimento, ensino e aprendizagem**. Elas são apresentadas através de sínteses, tal como Kabapinar, Leach & Scott (2004) apresentam os princípios de design. A maior das sínteses é no **polo do conhecimento**, em que Tiberghien, Vince e Gaidioz (2009) escrevem uma síntese dos trabalhos de Chevallard quanto à relação entre o sistema educacional, a comunidade científica e a sociedade, incrementados com outras discussões; uma síntese sobre modelagem na ciência e no cotidiano, utilizando contribuições dos filósofos da ciência Giere, Bachelard, Bunge e Hacking e dos trabalhos de Vygotski sobre a cognição no cotidiano. Além disso, as grandes teorias tendem a dar origem a uma **teoria específica**. No caso do **polo do conhecimento**, os autores abordam a teoria específica dos “*dois mundos*”. Ela articula a grande teoria citada com um conteúdo específico a ser ensinado: “*elementary physics*” (e.g. mecânica) para o primeiro ano da universidade. Na teoria específica dos ‘dois mundos’, os autores tentam ilustrar como a grande teoria se manifesta para o caso desse tópico, explicitando também sua contribuição para a **aprendizagem**, uma vez que parte dela acaba sendo também a teoria específica da aprendizagem. De forma mais breve, os autores também apresentam sínteses sobre as grandes teorias do **ensino** e da **aprendizagem**.

Os autores ainda dão mais um passo: apresentam as **ferramentas de design** (*Design Tool*). Essa expressão vem se tornando mais comum para referenciar certos artefatos criados com base em determinados princípios de design, normalmente (mas não sempre) envolvendo representações não linguísticas (e.g. esquemas, tabelas, quadros), que visam auxiliar durante o *design*. Por exemplo, Tiberghien, Vince e Gaidioz (2009) utilizaram a ferramenta intitulada ‘*Knowledge Distance*’ (que no trabalho de 2004 se chamava ‘*the grid*’). Essa ferramenta busca tornar explícita as diferenças entre o conhecimento a ser ensinado e o conhecimento dos estudantes analisados em termos de modelos. Nela, uma tabela com quatro colunas aparece (modelagem, conhecimento dos estudantes sobre física, conhecimento do cotidiano e conhecimento a ser aprendido em física). Os autores apresentam também outras ferramentas, como a ‘*Modelling Relations*’ (que explicita os tipos de relações que os estudantes devem criar entre os mundos da teoria/modelos e objetos/eventos) e também a ‘*Semiotic Registers*’ (que aponta que no ensino de física

diferentes registros semióticos devem ser utilizados, como por exemplo a linguagem natural, a álgebra e desenhos). Essa última ferramenta é um exemplo de ferramenta que não se manifesta através de elementos não linguísticos.

Feita essa discussão, gostaríamos de destacar alguns pontos importantes. A ordem desses pontos está de acordo com o que julgamos ser mais frequentemente considerado na literatura. O primeiro ponto é que, para a produção de uma SEA, os princípios de design devem ser capazes de serem expressos em sínteses. Isso possibilita tanto a análise por pares, quanto a fortalecer a justificativa do *design*. Em geral, toda SEA acaba abarcando esse primeiro ponto.

Um segundo ponto é que, ainda assim, para a melhor eficiência desse arcabouço teórico durante o design, por vezes se utiliza **ferramentas de design**. Psillos e Kariotoglou (2016) sugerem que o objetivo dessas ferramentas é auxiliar na elaboração de atividades. Entretanto, isso não parece ser tão claro, depende de como se define uma “atividade” – talvez o melhor seja afirmar que auxilia na elaboração de situações de aprendizagem. Essas ferramentas de design são desenvolvidas com base em determinados referenciais, cujo o uso em geral está restrito aos próprios grupos que criaram (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.24). Diferentes grupos<sup>48</sup> tendem a desenvolver diferentes tipos de ferramentas, como a *Learning Demand, Communicative approach* e a *Design Briefs* (LEACH, AMETLER & SCOTT, 2010, p.10), bem como a *Didactical Structure* de Lijnse e Klaassen (2004).

Um terceiro ponto (que não é exatamente novo, ver Lijnse, 1995) é que, ainda que exista a síntese, existe um problema sobre como esses princípios de design (ou *grandes teorias*) se articulam com o que denominamos de conteúdo científico (ver seção 3.2.2), necessitando a elaboração das “teorias específicas”, pois cada domínio científico tem suas dificuldades particulares (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.13). Métodos e ferramentas de design como as de Tiberghien, Vince e Gaidioz (2009), a de Lijnse e Klaassen (2004) ou o *Studying learning pathways* (discutido em Méheut e Psillos (2004, p.524)) buscam lidar com esse problema.

Retornando à questão (1), sugerimos então que para a comunidade é importante haver clareza na comunicação das decisões tomadas durante o planejamento. Isso passa não somente pela elaboração de sínteses dos princípios de design, mas também pela concretização de ações que busquem encadear mais claramente os princípios de design com o conteúdo científico e as decisões realizadas – fazendo uso, por exemplo, de ferramentas de design (embora essas ações, ressaltamos, não sejam tão frequentes).

Para complementar essa discussão, gostaríamos de apresentar uma outra questão: **(2) existe algum ‘tipo’ de referencial ‘obrigatório’ para a realização de uma SEA?** Por exemplo, quando Tiberghien, Vince e Gaidioz (2009) colocam os três polos como

---

<sup>48</sup> Para ver alguns grupos e seus respectivos frameworks (no caso, o “dois mundos” é o framework do grupo de Lyon), consulte a tabela de Psillos & Kariotoglou (2016, p.16-17).

conhecimento, aprendizagem e ensino, ainda que não seja proposto pelos autores, torna-se sugestivo que são necessários (KELLY, 2004) referenciais epistemológicos e cognitivos, uma vez que esses termos são facilmente reconhecidos como objetos de estudo dessas áreas. Um outro ponto é que segundo Kneubil e Pietrocola (2017, p.7, grifo nosso):

No desenvolvimento de uma SEA, **o pesquisador deve levar em consideração os elementos:** professor, alunos, mundo material e o conhecimento científico. Méheut e Psillos (2004) propõem um modelo que negocia esses elementos através de duas dimensões, uma pedagógica e outra epistêmica, conforme mostramos na figura 3.

A parte de que, em nossa interpretação, o propósito do losango didático é outro mais específico (ver seção 3.2), e que, para a própria Martine Méheut (2005, p. 201), o losango didático é utilizado para identificar um trabalho anterior seu que estava situado no ‘construtivismo integrado’, e que, portanto, não considera<sup>49</sup> o elemento professor, poderíamos refletir se realmente o pesquisador deveria levar em consideração os elementos professor, alunos, mundo material e o conhecimento científico (ainda que a maior parte da literatura não faça isso), no sentido de que deve apresentar **conhecimentos necessários**, manifestados como **princípios de design**, na produção de uma SEA.

Em nossa opinião, uma resposta curta é: não existe um ‘tipo’ de referencial obrigatório. Isso porque enquanto **atividade de pesquisa**, os princípios de design ganham papel central, uma vez é que com eles que se estrutura a pesquisa. São eles o maior potencial reflexivo (PESSANHA, 2023, p.29). A depender da pesquisa, um tipo de referencial será mais ou menos conveniente. Como veremos na seção 3.2.6, as questões de pesquisa do *redesign* de uma forma ou de outra, englobam os princípios de design.

No capítulo 4 apresentaremos nossa proposta que considera essas duas questões, contando ainda com uma outra forma de responder a segunda questão.

### 3.2.2 – Conteúdo científico

Toda SEA começa com um objetivo amplo (relacionado as intenções de pesquisa) que está situado ou no conteúdo científico ou na verificação de ideias pedagógicas (princípios de design). Exemplos de objetivos amplos seriam produzir SEA sobre fluidos (PSILLOS, TSELFES & KARIOTOGLOU, 2004, p. 564), radioatividade, modelos de partículas [todos esses conteúdos científicos], tomada de decisão [princípio de design] acerca do problema dos resíduos no meio ambiente [conteúdo científico] (LIJNSE & KLAASSEN, 2004), etc. Nessa seção, sugerimos que ainda que inicialmente o conteúdo científico, os

---

<sup>49</sup> Evidentemente, aqui temos a separação entre conhecimento necessário e conhecimento contingente. Quando a Méheut utiliza o losango para identificar os trabalhos, implicitamente está reconhecido que isso não significa que os trabalhos desconsideram a existência de um professor (o que, em geral, seria um absurdo), mas que não há conhecimento necessário dando suporte ao papel do professor.

princípios de design e os objetivos de aprendizagem estejam separados, na etapa da preparação eles são (ou devem ser) conectados. Em outras palavras, o conteúdo científico se apresenta de duas formas distintas – há o conteúdo científico inicial (pouco delimitado e pouco representado) e há o que realmente acaba sendo conteúdo científico da SEA, algo da didatização. Durante a preparação o conteúdo, os princípios de design e os objetivos de aprendizagem se entrelaçam profundamente. Isso porque na proposição de uma situação de aprendizagem que seja justificada durante o planejamento, os três elementos atuam ao mesmo tempo. A seguir, detalharemos isso.

O **conteúdo científico** tem uma conexão bidirecional (representada pelas setas na figura 3.4) com os **princípios de design**, pois a depender dos referenciais utilizados, o conteúdo científico pode ser encarado de diferentes formas. Por exemplo, uma pesquisa que utilize história da ciência pode explorar diferentes historiografias para tratar sobre o conteúdo científico do episódio do físico brasileiro César Lattes na constatação do méson-pi. É possível explorar o contexto científico, analisando os experimentos realizados, ou o contexto intelectual, a partir de como esse físico interagia com outros cientistas e/ou obras filosóficas, ou explorar a participação de cientistas brasileiros, que pode estar vinculado aos campos político, social e/ou cultural (GURGEL, 2020, p.337). Dessa forma, o conhecimento científico que será trabalhado numa situação de aprendizagem é dependente dos princípios de design – no primeiro caso, pode ser interessante adentrar nos detalhes de como se detectou o méson-pi, enquanto que nos outros esses detalhes possivelmente não serão pertinentes. No fim, o que realmente é conteúdo científico da SEA, foi limitado pelos princípios de design.

Mas isso não significa que os princípios de design determinem as situações de aprendizagem, pois o conteúdo científico também impõe restrições. Por exemplo, nessa linha histórica, se o conteúdo escolhido fosse o teorema de Pitágoras, ter a história da ciência (independente da historiografia utilizada) como princípio de design parece ser questionável, pois não há nenhum objetivo de aprendizagem realmente adequado a junção teorema de Pitágoras e história da ciência (GURGEL, 2020, p. 335).

Nesse sentido, também há uma conexão bidirecional entre o **conteúdo** e os **objetivos de aprendizagem**. É trivial que o conteúdo científico delimita os objetivos de aprendizagem – não dá para esperar que o objetivo seja aprender o que é spin se o conteúdo for o teorema de Pitágoras. Mas os objetivos de aprendizagem também refletem no conteúdo. Um exemplo mais simples seria uma proposta que nasce com o objetivo amplo de ensinar o funcionamento de lâmpadas [conteúdo científico], e os estudantes entenderem o funcionamento de uma lâmpada de tungstênio se transforma em um objetivo de aprendizagem. Entretanto, para isso, os pesquisadores se deparam que é importante que os estudantes entendam o Efeito Joule, que passa por eles entenderem o que são correntes elétricas e cargas elétricas, por exemplo. Tão logo o conteúdo científico se expande para uma parte do eletromagnetismo clássico, que só se tornou evidente para os pesquisadores a partir do estabelecimento da lâmpada de tungstênio como objetivo de aprendizagem.

A relação bidirecional do **conteúdo** com o **design** será comentada na seção 3.2.4.

### 3.2.3 – Objetivos de aprendizagem

“Ainda me lembro da minha decepção quando, como didático recém-nomeado, tive que desenvolver uma série inovadora de lições para introduzir a mecânica quântica no ensino médio. Recorri às teorias da educação e da psicologia educacional em busca de ajuda. No entanto, quase nenhuma ajuda parecia estar disponível, um resultado frustrante que infelizmente estava (e está) alinhado com o ceticismo 'tradicional' dos físicos em relação às ciências 'soft'.” (LIJNSE, 2000, p.309 apud LEACH, AMETLER & SCOTT, 2010, p.7, tradução nossa).

Como comentamos, os objetivos de aprendizagem possuem uma conexão bidirecional com o conteúdo científico. Por outro lado, numa revisão de teses e dissertações da pesquisa em ensino de física no Brasil, Salem (2012) aponta que em meados do final dos anos 90 a ‘mudança conceitual’ era um importante tópico de pesquisa em ensino-aprendizagem, mas que alguns de seus problemas é que ela era muito fechada em si, sem estar acompanhada de mudanças mais amplas em termos metodológicos e epistemológicos. Em seguida, no começo dos anos 2000, ela deixa de ser uma preocupação e começa a surgir um afastamento do conhecimento específico, com algumas exceções como as linhas de Física Moderna e Contemporânea. Mas na segunda metade da década, Salem pontua que o conhecimento físico se torna implícito ou ausente. Esse movimento também é possível de ser observado em nível internacional.

Essa visão da floresta oculta algumas árvores diferentes. Piet Lijnse é um consagrado autor da área de SEA, que também publicou artigo na edição especial do IJSE e em 2010 foi realizado um simpósio em honra a ele, que resultou em uma edição especial de artigos organizada por Kortland e Klaassen (2010). O autor argumenta há algumas décadas que a pesquisa em educação falhou em criar consensos sobre como ensinar determinado conteúdo científico (LEACH, AMETLER & SCOTT, 2010, p.7). É necessário produzir respostas às questões: “como lidar com as dificuldades conceituais dos alunos para explicar a situação X” ou “como incentivá-los a relacionar o conhecimento científico com as evidências durante a experimentação no tópico Y” (LIJNSE, 1995 apud PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.13)

Por outro lado, a ausência de consenso pode ser justamente pela ausência de importância dessas questões *por si só* na perspectiva de outros pesquisadores. A tendência atual de pesquisa sugere que os objetivos de aprendizagem cada vez mais estão dependentes não do conteúdo científico, mas sim dos princípios de design – compreender a natureza da ciência, adquirir determinada habilidade ou competência, buscar ‘ser mais’, agir em um problema externo à escola, etc. Dessa forma, mesmo quando o conceito é um objetivo,

difícilmente aprender um conceito é o único objetivo de uma SEA. A pluralidade de objetivos dificulta a criação de consensos.

Os princípios de design também dependem dos objetivos de aprendizagem, uma vez que os pesquisadores ao formular um objetivo de aprendizagem, podem verificar a ausência de um conhecimento *necessário*.

### 3.2.4 – Design

Denominamos de Design o momento em que se planeja as aulas, elaborando as atividades, as situações de aprendizagem e os momentos das aulas, com os procedimentos de professores e alunos. Esse planejamento é feito através da articulação do conteúdo científico, dos objetivos de aprendizagem e dos princípios de design. Psillos e Kariotoglou (2016, p.25) observam que na literatura da SEA houve uma melhora substancial em relação aos estudos da revisão de Méheut e Psillos (2004) no que tange a explicitar as escolhas de design, sendo essa uma tendência da comunidade. É possível ter SEA's mais fechadas, na qual há guias bem delimitados sobre como deve ser a implementação, e também SEA's mais abertas, que deixa espaço para o professor implementador tomar certas decisões (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.30).

Nessa etapa, dada a sua postura empírica, a comunidade define como positiva a participação de professores que atuam no contexto ao qual a SEA será implementada futuramente, uma vez que os professores podem garantir a plausibilidade da proposta e contribuir com as próprias experiências (COUSO, 2016; KNEUBIL & PIETROCOLA, 2017; PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016; TIBERGHIE, VINCE & GAIDIOZ, 2009; LEACH, AMATLEUR & SCOTT, 2010;). É bem destacado em diversos artigos da SEA a importância do conhecimento prático e da experiência dos professores (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.30). E ainda, Pessanha (2023, p.47) sugere que as transformações na educação só ocorrerão a partir da consciência e reflexão da indissociabilidade entre teoria e prática, o que ressalta assim a importância da participação dos professores durante o planejamento.

Entretanto, como afirma Couso (2016), a importância dada à **organização da colaboração** entre pesquisadores e professores, bem como a **real contribuição desses professores** na etapa do design, em geral não é relatada. Para Psillos e Kariotoglou (2016, p.30), o papel dos professores é simplesmente mencionado nas publicações. Não se discute as possíveis dificuldades e tensões entre professores e pesquisadores, nem o processo de mudança no desenvolvimento dos materiais a partir da participação deles. Para eles, não necessariamente isso implica que os pesquisadores desconsideram isso na elaboração da SEA, mas que não aparece nas publicações. De certa forma, esse problema já era apontado por Méheut (2005). Essas questões podem ser, por si só, investigadas em uma pesquisa, o que explica a falta de informações.

Por outro lado, alguma atenção a elas é importante, pois a visão simplista de mudança educacional reduzida à preparação de material e formulação de ideias é contestada

por alguns autores (COUSO, 2016, p.48-49). Nessa visão simplista, o professor atua apenas como “executor” das propostas, implementando de forma direta o produto do design. Contrariando essa perspectiva, Couso (2016, p.49) defende que a participação dos professores é não só importante no “desenvolvimento do currículo”, manifestado acima, mas também no “desenvolvimento profissional”. Assim, há uma melhor compreensão das dificuldades, dos meios e da importância de atingir os objetivos de aprendizagem, uma vez que o professor está imerso no *design*.

Em geral, o Design visa um curso de poucas semanas (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016). Esse aspecto é inclusive um dos pontos que diferencia os estudos da SEA com relação à *Learning Progressions*, que realiza estudos por volta de 1 ano ou mais (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.31). Sugerimos que é assim por diferentes motivos:

- A dificuldade de elaborar uma longa SEA que seja bem justificada.
- A necessidade de identificar qual foi a ação de ensino que provocou um *algo* identificado como aprendizagem.
- A dificuldade prática de implementar uma SEA em um real contexto de sala de aula ou em um ambiente que simule isso (garantir a participação de professores e estudantes, bem como condições estruturais e materiais, especialmente em países mais pobres ou com currículos mais rígidos).
- A dificuldade de coletar e analisar um grande conjunto de dados de forma a contribuir para o redesign.

E ainda, o design em geral engloba apenas um tópico. Isso porque na SEA existe a premissa de que não há formas universais para ensinar todos os tópicos – ensinar um tópico de estequiometria pode ser muito diferente de ensinar um tópico de atomística, pois cada tópico pode ter características próprias, mesmo no interior de uma disciplina (PESSANHA, 2023, p.53).

Além disso, em diferentes estudos afirma-se a importância de considerar fatores contextuais durante a elaboração de uma SEA. Esses fatores podem englobar, por exemplo, como estudantes e professores se relacionam com a região da escola, se é uma escola tradicional ou progressista, como a escola e o professor consideram o currículo nacional e qual é o currículo nacional daquele país, como é a estrutura física da escola (recursos digitais, lousas, mesas, cadeiras, merendas, etc.), o que os estudantes aprenderam anteriormente, se houve algum evento que atrapalhou a rotina da escola por um grande intervalo de tempo (como uma pandemia). Como a SEA visa um ambiente real de sala de aula, tanto no design quanto na implementação os fatores contextuais influenciam nela. Entretanto, quase sempre esses fatores estão implícitos nas publicações, com exceção dos trabalhos da *Learning Demand* e da *Content-Specific Theory*, sendo que explicitar é necessário para saber como os fatores contextuais afetam as decisões no design (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.29).



O Design é o momento mais frutífero para o surgimento do **conhecimento contingente**. É nele que se manifesta a criatividade didática para a criação e a introdução de determinadas atividades, demonstrações ou procedimentos que não possuem fundamentação nos princípios de design, mas que surgem a partir de *insights* ou de experiências individuais que “deram certo” para algum professor, fazendo da SEA uma construção coletiva que não é apenas formulada por pesquisadores. Propomos que isso deva fazer parte da essência da elaboração de uma SEA. Sendo esse o caso, e acompanhando a tendência da área, isso também deve ser manifestado como justificativa para que determinada escolha seja realizada durante o design, sendo um dos pontos a serem avaliados na etapa de validação.

Desse modo, durante o design, o conhecimento contingente possibilita o *surgir* de determinados conteúdos científicos, objetivos e princípios de design que outrora não faziam parte da SEA, mas que se tornaram relevantes pela construção coletiva. Por isso a conexão bidirecional do design com esses aspectos.

### 3.2.5 – Implementação

O início da implementação marca, em teoria, o final da longa etapa de preparação, discutida acima. Pelo fato de a comunidade tentar contribuir para reais contextos da sala de aula, para os casos em que a implementação se dá em outro contexto, há um esforço por parte dos autores para justificar como aquela implementação pode contribuir para o desenvolvimento de uma SEA, e em que sentido aquela situação “laboratorial” simula um ambiente real da sala de aula (KOMOREK & DUIT, 2004). Em geral, valoriza-se que o professor implementador tenha sido participante do processo de *design*, pois está mais imerso em quais são os objetivos daquela SEA.

Como a SEA é não somente um produto, mas uma atividade de pesquisa, o *real contexto da sala de aula* por vezes não é tão *real* assim. Isso porque, do ponto de vista da pesquisa, a implementação é o momento em que ocorrem a maior parte dos eventos e fenômenos de interesse do pesquisador, sendo que ela também leva à um caminho só de ida para a etapa de validação. É durante ela que se coleta a maioria dos dados importantes para a próxima etapa, e para isso há um pesquisador observando, câmeras e/ou microfones, questionários próprios da pesquisa e etc., que podem influenciar na dinâmica da sala de aula.

Por outro lado, a mera visualização e descrição, do que acontece em sala de aula, fornece um retrato empobrecido sobre o que está *acontecendo*. A compreensão dos fenômenos quase sempre necessita que o pesquisador *aceite* determinada teoria (o que, de forma alguma, implica numa contradição com a postura empírica (VAN FRAASSEN, 2002), mas proíbe um suposto “empirismo ingênuo”). Sendo assim, para maximizar a próxima etapa, o pesquisador já deve, a priori, ter um repertório teórico estabelecido que norteia que tipos de eventos e fenômenos pretende observar (que não implica que serão observados) – muitas vezes, esse repertório teórico também se manifesta nos princípios de design.

### 3.2.6 – Validação e Redesign

Na etapa de validação verifica-se o que deu certo e o que não deu durante a implementação, considerando os objetivos de aprendizagem e os objetivos de pesquisa. Uma das primeiras sistematizações nesse aspecto aparece em Méheut e Psillos (2004, p. 522-524). Os autores verificam na literatura algumas possibilidades, dentre elas:

- A aplicação de testes iniciais e finais em um mesmo grupo de estudantes que participou da SEA, buscando uma avaliação **interna**, que consiste em verificar a efetividade da SEA com relação aos objetivos de aprendizagem, ou uma avaliação **externa**, que consiste em comparar a efetividade da SEA com relação à outras formas de ensinar esse mesmo conteúdo científico.
- Analisar detalhadamente, recorrendo a descrições cognitivas, os **caminhos de aprendizagem** (*learning peathways*), observando o processo de aprendizagem dos estudantes em determinadas situações de aprendizagem.

Em ambos os casos, se avalia as escolhas realizadas durante o design na elaboração de situações de ensino-aprendizagem, buscando entender quais são os impactos de ter feito determinada escolha e não outra. Como propõe Méheut e Psillos (2004, p.523), outra questão importante é: em que sentido os resultados podem ser gerais e independentes das condições em que foram obtidos? Parte da comunidade reconhece essas questões, cujo impacto pode ser visualizado através da precaução de alguns autores na apresentação de suas conclusões. Há um certo ceticismo por parte de alguns autores quanto à possibilidade de produzir uma “super SEA”, que seja à prova de contexto.

Uma forma mais recente de caracterizar os tipos de pesquisa seria entre “pesquisa experimental” (*experimental research*) e “engenharia de produção” (*production engineering*) – ou seja, se o foco está em testar e investigar aspectos teóricos ou em aprimorar o produto, respectivamente. Entretanto, concordando com Psillos e Kariotoglou (2016, p.28), essas duas perspectivas não são contraditórias, e uma mesma pesquisa pode abarcar ambos os aspectos.

A validação ganha relevância principalmente pela grande importância do caráter iterativo da SEA. Na terceira seção do artigo, Psillos e Kariotoglou (2016, p. 19-24) descrevem uma série de estudos em que, ao final de cada um, os autores explicitam que “não houve referência explícita ao processo de iteração”, embora em geral seja possível encontrar evidências de modificações.

No nível empírico, há falta de descrição detalhada ou princípios orientadores e ferramentas para iteração, conjecturas incorporadas em atividades reais e os tipos de várias fontes múltiplas de decisões que, além dos resultados

de aprendizagem dos alunos, moldaram uma SEA durante os ciclos de iteração. Além disso, não há discussão sobre ciclos iterativos e se houve alguma abordagem retrospectiva traçando a história do SEA de maneira reflexiva baseada na teoria. Sugerimos que várias questões permaneçam abertas para investigação adicional por pesquisadores sobre o desenvolvimento iterativo. (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.30, nossa tradução).

Visando lidar com esse problema, a parte III do livro organizado por Psillos e Kariotoglou (2016) é dedicada a estudos de casos envolvendo a iteração. Nesses trabalhos, se nota que na avaliação sempre se considera os princípios de design utilizados na criação da sequência. Também se nota que existem diferentes formas de organizar e tratar os dados. Em especial, alguns autores sugerem **ferramentas para a iteração**, que de certa forma afetam as próprias questões de pesquisa. O quadro 3.1 expõe uma síntese das questões de pesquisa e das ferramentas de iteração desses artigos.

*Quadro 3.1 - Síntese das questões de pesquisa e das ferramentas de iteração dos trabalhos publicados na parte III de Psillos e Kariotoglou (2016).*

<b>Autores</b>	<b>Questões de pesquisa e Ferramentas para a Iteração</b>
Hernández & Pintó (2016)	<b>Questões de pesquisa:</b> Quais são os aspectos problemáticos, quais são as mudanças introduzidas e quais foram as razões críticas para essas mudanças?
Zoupidis <i>et al</i> (2016)	<b>Ferramenta para a iteração:</b> Utilizando um “modelo teórico” baseado em Pickering (1995), consideram os fatores educacionais, materiais e científicos no refinamento. Para isso, identifica-se a relação entre os objetivos, as resistências para alcançar os objetivos e as acomodações para lidar com as resistências. As <b>questões de pesquisa</b> são: Quais foram os refinamentos que aconteceram entre a 1ª e a 2ª implementações e quais dados contribuíram para isso? Quais dos três fatores do modelo orientaram esses refinamentos? Existe característica comum entre os refinamentos que são do mesmo fator?
Loukomies <i>et al</i> (2016)	<b>Questões de pesquisa:</b> Como a TLS foi planejada e revisada durante o processo iterativo? Como foram justificadas as alterações e decisões? O que o Questionário de Avaliação de Investigação Científica (ESIAQ) e as entrevistas revelam sobre a motivação e o interesse?
Testa & Monroy (2016)	<b>Questões de pesquisa:</b> Quais foram as mudanças feitas no processo iterativo e quais dados sugeriram essas mudanças? Como essas mudanças se relacionam com o “núcleo comum da Ciência e da Tecnologia” da TLS?
Psillos <i>et al</i> (2016)	<b>Ferramenta para a Iteração:</b> Os autores organizam as modificações em quatro domínios: conceitual, procedimental, epistemológico e tecnológico. Os autores sugerem um “modelo” que auxilia na iteração, em que na primeira TLS se escolhe o domínio a ser analisado mais relevante

	<p>para aquele contexto e com isso se extrai insights para as próximas TLS's, em que pouco a pouco todos os domínios acabam sendo afetados.</p> <p><b>Questões de pesquisa:</b> Quais foram as deficiências observadas nas várias versões na TLS sobre a condutividade térmica em materiais aplicada num contexto de ensino secundário tradicional e quais foram as modificações feitas? Qual foi o impacto dessas modificações na compreensão dos alunos? Existem sugestões gerais sobre o desenvolvimento e implementação de TLS?</p>
Papadouris <i>et al</i> (2016)	<p><b>Questões de pesquisa:</b> Qual a natureza das limitações identificadas na implementação da TLS de propriedades eletromagnéticas dos materiais e qual é a natureza das várias revisões que foram realizadas para refinar a TLS? Como as evidências empíricas revelam essas limitações e como também servem para avaliar a eficácia das revisões?</p>

Notamos no quadro 3.1 que, relativo à iteração, as questões de pesquisa são **quanto ao método** (Como os dados coletados de estudantes e professores contribuem para o redesign? Como extrair conhecimento dos dados?), **quanto aos princípios de design** (qual a compreensão dos estudantes quanto a relação entre a ciência e a tecnologia?) e, em alguns casos, **quanto à ferramenta de iteração** (Qual dos três fatores do modelo de Pickering orientou os refinamentos?)

Por outro lado, nesses trabalhos, notamos que por vezes se realiza a análise (que varia de acordo com as intenções de pesquisa) e em seguida a categorização das respostas e dificuldades dos estudantes e dos aspectos problemáticos da sequência, considerando aqui os princípios de design da pesquisa, sendo que essa categorização auxilia também na comunicação da pesquisa (HERNÁNDEZ & PINTÓ, 2016, ZOUPIDIS *et al*, 2016, TESTA & MONROY, 2016, PAPADOURIS *et al*, 2016). É possível avaliar o refinamento a partir da prevalência ou não desses problemas (HERNÁNDEZ & PINTÓ, 2016). Para explicitar as mudanças, normalmente se reduz a comunicar as razões críticas que fizeram os pesquisadores a tomar aquele dado caminho (HERNÁNDEZ & PINTÓ, 2016).

Quanto à análise, Psillos *et al* (2016) chamam atenção para o nível de granularidade a ser reportada, expressão comum na obra que reúne esses trabalhos: será algo mais fino, como a análise de uma atividade, ou será um conjunto de atividades, ou um dado conceito ou um conjunto de conceitos. Hernández e Pintó (2016, p.147) apontam que as técnicas de avaliação são dependentes do domínio específico do conteúdo e dos objetivos, o que por vezes necessita do desenvolvimento de instrumentos específicos. Loukomies *et al* (2016) sugere que os principais dados são aqueles que expressam aspectos problemáticos, incoerentes e irrelevantes. Para Zoupidis *et al*, (2016), as necessidades de mudanças quase sempre foram influenciadas por duas ou mais fontes de dados, e reforçam a sugestão de relacionar os dados.

Por fim, a comunicação e a participação dos professores quanto ao processo de redesign é importante uma vez que, “[...] as melhorias no desempenho dos alunos podem ser atribuídas não apenas ao desenvolvimento iterativo da sequência projetada, mas também à crescente experiência e familiarização dos professores com a sequência inovadora.” (HERNÁNDEZ & PINTÓ, 2016, p.163).

### 3.3 – A DBR e a SEA enquanto comunidades

Na perspectiva de inovar para resolver desafios, as propostas elaboradas fomentam o surgir de *meta* discussões. Essas meta discussões estão preocupadas com os fundamentos que permeiam os diferentes métodos das pesquisas baseadas em Design. Algumas delas já foram apresentadas, como a de Kelly (2004) acerca do status de “metodologia” (ver seção 3.0). Um outro exemplo é o de Juuti *et al* (2016), que propõe um olhar *pragmatista* (Charles Peirce, William James & John Dewey) para a DBR, avaliando suas implicações para diferentes aspectos, como o conhecimento, professores e o processo iterativo. Para nós, esse movimento de realizar meta discussões identifica a pluralidade de pesquisa fundamentadas em *design* e com isso evidencia um debate que muitas vezes não está tão explícito, além de buscar dar maior credibilidade para as ações realizadas. Essas discussões também permitem um novo olhar para as questões internas da prática de elaborar sequências didáticas através do *design*, de forma a indicar caminhos para respondê-las. Nesta seção e nas próximas duas, aprofundaremos e realizaremos proposições a fim de contribuir em algumas *meta* discussões.

Um dos grandes marcos da *Teaching-Learning Sequence (SEA)* é o número especial do *International Journal of Science Education (IJSE)* (volume 24, nº 3, em 2004). Nesse número, sete artigos são publicados por autores que atuam em universidades europeias, cujo foco está em discutir pesquisas empíricas que buscam promover a inovação educacional. O marco inicial desse número são os Simpósios em 2000 (Paris, França) e 2001 (Thessaloniki, Grécia), na qual os autores, olhando para trabalhos desenvolvidos por volta de 1970~1980 sobre concepções espontâneas e formas de raciocinar, bem como para trabalhos posteriores desenvolvidos ao longo dos anos 90, ambos almejando a inserção de um determinado tópico na sala de aula, buscavam identificar quadros teóricos gerais utilizados no desenvolvimento de sequências didáticas, bem como entender o que exatamente estava sendo feito durante a produção delas e que tipo de resultados são possíveis, culminando na edição especial do IJSE (MÉHEUT & PSILLOS, 2004; MÉHEUT, 2005).

Em um momento bem próximo, o grupo intitulado *Design-Based Research Collective (DBRC)*, composto por nove autores de universidades estadunidense e uma autora de uma universidade israelita, publicava em 2003 um artigo intitulado “*Design-Based Research: um paradigma emergente para investigação educacional*” (tradução nossa), com grande preocupação sobre como a pesquisa educacional pode contribuir para a prática educacional. O marco inicial dessa proposta são os artigos dos estadunidenses Ann Brown (1992) e Allan Collins

(1992), que na época denominavam seus próprios trabalhos como *design experiments*, com preocupações metodológicas para promover a inovação educacional, mais especificamente envolvendo a tecnologia (DBRC, 2003; COLLINS, JOSEPH & BIELACZYK, 2004, ANDERSON & SHATTUCK, 2012).

A definição da SEA apenas como uma **atividade de pesquisa** e um **produto** guarda insatisfações. Esses termos parecem excessivamente vagos, o que causaria dificuldade para distinguir a SEA de uma pesquisa sobre *seqüência didática*. Talvez seja por isso que afirmar que ela é uma **metodologia** seja tão popular. Embora seja desagradável ter três rótulos diferentes, esse parece ser um mal necessário. Nesse sentido, Psillos e Kariotoglou (2016), dois protagonistas do número especial do IJSE, afirmam, em um trecho longo, porém importante, que:

Frequentemente, uma SEA é tanto um processo de pesquisa quanto um produto que inclui atividades de ensino-aprendizagem bem elaboradas. Frequentemente, uma SEA se desenvolve gradualmente a partir de várias implementações, de acordo com um processo evolutivo cíclico embasado por dados de pesquisa, que resulta em seu enriquecimento com validação empírica a partir da previsão de resultados esperados dos alunos utilizando atividades planejadas. O desenvolvimento da SEA tornou-se o foco de vários estudos teóricos e empíricos (Lijnse 1995; Duit et al. 1997). [...]. A pesquisa relacionada ao desenvolvimento da SEA no ensino de ciências está alinhada com a pesquisa baseada em design, que foi sugerida como uma estrutura geral para promover melhores conexões entre a pesquisa e a prática (Design-Based Research Collective 2003; Van Dijk e Kattman 2007; Leach e Scott 2005). (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p. 2, tradução nossa.)

A cautela ao utilizar o termo *frequentemente* não é à toa. Isso porque é difícil encontrar uma explicação que seja, ao mesmo tempo, significativa para o desafio de distinguir a SEA de outras pesquisas, e por outro lado, não deixe de fora pesquisas que são consideradas SEA, mas que não atendem à um critério ou outro. Por exemplo, no artigo de Komorek e Duit (2004) caracterizado como SEA e pertencente à edição especial do IJSE, não há referência explícita à iteração<sup>50</sup>, apenas à modificação, sendo que os autores utilizam a estrutura teórica da *Model of Educational Reconstruction* (MER), estrutura que é utilizada comumente em artigos que não explicitam a iteração (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.16). Por outro lado:

“Pesquisadores tendem a concordar que esse tipo de atividade [SEA] envolve o entrelaçamento de *design*, desenvolvimento

---

<sup>50</sup> A iteração seria o processo cíclico (design, implementação, validação e redesign), que inclui as modificações realizadas **com base** nos dados empíricos coletados a partir de uma implementação da SEA, sendo assim algo mais específico do que apenas modificar.

e aplicação de uma sequência de ensino em um processo cíclico de evolução iluminado por ricos dados de pesquisa.” (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p. 12, tradução nossa.)

Sendo assim, cabe nos perguntarmos: qual é o *status* de uma pesquisa que foi baseada na literatura de SEA, mas que por ventura não fez o “ciclo”, não reimplementou a proposta inicial? Afirmar que essa pesquisa não é uma SEA traz problemas não só pelo que constatamos no parágrafo anterior, mas porque parece realmente estranho que os pesquisadores só estejam fazendo *realmente* uma SEA no momento em que o ciclo começa novamente, pois implica que antes disso estavam fazendo *alguma outra coisa*.

Um dos elementos da dificuldade de estabelecer um *conjunto de afirmações* que embase essa *metodologia* é o fato de, para sua gênese, a SEA teve principalmente dois simpósios realizados na Europa em 2000 e 2001, seguida da tentativa de sistematização sobre como os pesquisadores estavam atuando na produção de sequências didáticas, como contamos acima. Ou seja, não foi uma ‘*metodologia*’ que surgiu a partir de uma *teoria*, mas que surgiu a partir da tentativa de sistematização das pesquisas realizadas.

Deixando essas questões suspensas por um instante, gostaríamos de olhar agora em uma outra direção. Em um artigo que tem ganhado destaque na literatura brasileira, Kneubil e Pietrocola (2017) afirmam que a DBR seria uma *metodologia* abrangente, sugerindo que a SEA é dependente da DBR:

“Especificamente no ensino de ciências, **a metodologia DBR gerou uma sub-linha de pesquisa** que leva em consideração a implementação de inovações curriculares vinculadas a conteúdos específicos. Essa sub-linha ficou conhecida como **Teaching-Learning Sequences (SEA)** [...]” (p.4, grifo nosso)

Com uma narrativa inversa<sup>51</sup>, mas com conclusões semelhantes, Mesquita *et al* (2021) em um outro artigo brasileiro, seguindo Méheut e Psillos (2004), definem o conceito de SEA a partir de um procedimento para produzi-la: “[...] uma atividade de pesquisa do professor, essencial para sua prática docente, uma vez que ele as reformula sempre com base nos resultados obtidos previamente.” (p.2), trazendo trechos de Méheut e Psillos (2004) que valorizam o aspecto de ser uma metodologia empírica que se adapta ao raciocínio dos estudantes. Além dessa compreensão de SEA como uma “atividade de pesquisa”, ela também é um “produto”. A partir dessa definição, os autores discutem como a DBR é uma “[...] forma engenhosa de concepção, construção, implementação e análise de resultados das SEA.” (p.2) Ainda nesse artigo, os autores propõe que há um “[...] sistema teórico-metodológico, proposto por Marco Antonio Moreira, que tem sido usado no Ensino de Ciências no Brasil

---

<sup>51</sup> Importante notar que o fato da narrativa de Mesquita *et al* (2021) trazer primeiro a SEA e depois a DBR não implica que para os autores a DBR seja dependente da SEA.

e que se enquadra na estrutura das SEA: As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).” (p.2).

Para finalizar esse quadro da literatura brasileira, gostaríamos de trazer um outro exemplo. Silva (2017), baseando-se em artigos sobre a DBR e alguns artigos da edição especial da IJSE (dentre outros), em sua dissertação afirmou:<sup>52</sup>

A sequência só poderia ser definida como uma SEA, a partir do processo cíclico de desenho, aplicação, análise e redesenho, ponderando as modificações necessárias a partir dos objetivos delineados frente aos resultados, aplicando-a em um contexto diferente. [...] **Pois, como não houve tempo para reimplementá-la, ela não foi definida como uma SEA** (SILVA, 2017, p. 58, grifo nosso.)

Gostaríamos de introduzir neste momento o conceito de **comunidade**, afim de substituir *metodologia*. Desse modo, *SEA* acaba sendo um rótulo para uma **atividade de pesquisa**, um **produto** e uma **comunidade**. Apesar de ter um lado eminentemente negativo (que é de inflar esse termo com mais significados), acreditamos que será muito útil para esclarecer e solucionar problemas.

**Comunidade** não é aqui entendido em nenhum sentido muito especial. Utilizaremos uma definição adaptada e alterada de Thomas Kuhn (2018), no posfácio de *A estrutura das revoluções científicas*, sem com isso querer implicar que a SEA seja uma prática científica e que essa comunidade compartilhe de um paradigma. Entretanto, cabe mencionar que essas implicações parecem *flutuar* nos escritos de alguns autores da pesquisa em *design*, como o título do artigo da DBR-Collective (2003), ou por autores como Kelly (2004), Sloane e Gorard (2003), dentre outros.

Uma **comunidade** é formada pelos seus praticantes. Estes praticantes foram submetidos a uma iniciação profissional e a uma educação similar, em que nesse processo absorveram uma mesma literatura técnica. Uma comunidade possui um objeto de estudo próprio (no caso, *seqüências didáticas*), em que é possível haver diferentes comunidades com pontos de vistas incompatíveis sobre esse objeto de estudo. Em uma comunidade, os praticantes perseguem um conjunto de objetivos comuns, que incluem o treino de seus sucessores. Na comunidade, há generalizações simbólicas que são facilmente entendidas pelos seus praticantes, como a palavra *design*. Também há o compartilhamento de uma posição filosófica - no caso, empírica (ou pragmática, como sugere alguns autores). Essa comunidade compartilha valores, como a preferência às análises qualitativas (no caso da SEA) e a defesa pela utilidade social da pesquisa em ensino de ciências, e etc, (entretanto, valores podem variar mais frequentemente de indivíduo para indivíduo). Por fim, as comunidades podem existir em muitos níveis - existe uma comunidade mais global, que

---

<sup>52</sup> Conclusão que também aparece no resumo



talvez seja o *ensino de ciências*, e em um nível mais intermediário teríamos a *comunidade de design*, e em um nível imediatamente abaixo teríamos a *comunidade DBR* e a *comunidade SEA*.

Vinculando essa conceitualização com as questões acima, começaremos pelo final. A DBR e a SEA guardam algumas similaridades. São baseadas em design, possuem a mesma postura empírica (ou pragmática), compartilham da defesa por *ciclos* para evolução da proposta e da defesa da utilidade social da pesquisa em ensino de ciências. Entretanto, do ponto de vista histórico, a proposição e formulação da DBR aconteceu predominantemente na América do Norte, enquanto que a SEA aconteceu na Europa. É plausível que os novos praticantes se vinculem a partir de uma literatura a depender da sua posição geográfica (pelo vínculo com sua universidade, etc.), e é natural que as questões que emergem a partir da prática sejam distintas, bem como as ferramentas produzidas para superar problemas. Além disso, a DBR aparece também em outros campos como a matemática, informática e literatura, enquanto que a SEA está restrita à educação científica (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.31).

Sendo assim, o fato delas fazerem parte da *comunidade de design*, permite que alguns pesquisadores reúnam elementos dessas duas comunidades. Esse parece ser o caso de Andree Tiberghien, que participou da edição especial do IJSE (2004), mas em Tiberghien, Vince e Gaidoz (2009) realizou uma DBR, levando para esse trabalho elementos da SEA<sup>53</sup>. Considerando então as similaridades da forma como se pesquisa e do próprio objeto, o fato de que alguns autores realizaram pesquisas envolvendo as duas literaturas (DBR e SEA) e que a DBR parecer ser mais geral do que a SEA, faz com que, numa perspectiva a-histórica, alguns autores situem a SEA como uma sub-linha da DBR.

Entretanto, entender a DBR e a SEA como comunidades diferentes nos faz ter certa cautela quanto a afirmação. Sendo comunidades diferentes que de certa forma, olham para um objeto muito semelhante, naturalmente o que surge são disputas de prioridade, muitas vezes sutis. Por exemplo, em um famoso artigo de revisão da DBR após uma década, Anderson e Shattuck (2012), cita três edições especiais entre 2003 e 2004 na qual discutiu-se a DBR. Nenhuma delas é a IJSE, sendo que o termo SEA nem sequer é mencionado. Já no continente europeu, Psillos e Kariotoglou (2016) que estavam presentes no surgimento da SEA, reconhecem a SEA e a DBR como comunidades diferentes e sugerem que existem semelhanças, mas sendo necessário ainda pesquisas mais robustas que detalhem as diferenças (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p.31)<sup>54</sup>.

“O interesse pela pesquisa em design também se espalhou para a pesquisa em educação na América do Norte,

---

<sup>53</sup> A saber um exemplo, em Buty, Tiberghien e Le Maréchal (2004), os autores desenvolveram a ferramenta *the grid*, que agora é reaproveitada por Tiberghien, Vince e Gaidoz (2009), mas denominada de “knowledge distance”.

<sup>54</sup> Para isso, além de investigar as questões da área que recebem destaque, sugerimos como tópico de investigação a pretensão de ‘ser científica’ aos moldes das ciências naturais - na DBR ela parece ser significativamente maior do que na SEA.

principalmente sob a perspectiva ampla da Design-Based Research (DBR) (Design-Based Research Collective 2003; Kelly et al. 2008a). [...]. Poucas referências ao SEA apareceram nos estudos de DBR e LP [Learning Progression] e vice-versa, porém, essa situação só recentemente começou a mudar. (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016, p. 12, tradução nossa.)

As consequências dessa proposta é também que, é possível aceitar que a SEA possui características frequentes e desejadas pelos praticantes, mas que não são *obrigatórias*, eliminando-se o problema de definição sobre *quando* se inicia uma SEA. Com isso é possível conservar a afirmação de que certos trabalhos são SEA ainda que, por exemplo, não exista menção a iteração. Uma pesquisa que foi evidentemente baseada na literatura da SEA, mas que por ventura não fez o *redesign*, ainda sim é uma SEA. Cabe avaliar o quão válido é o produto obtido, e quais são as contribuições para o avanço da comunidade. Por outro lado, a necessidade de estabelecer esse critério quase “sociológico”, e de que autores como Psillos e Kariotoglou mesmo em 2016 precise acrescentar advérbios como “frequentemente” ao falar das características da SEA, indica que a comunidade precisa amadurecer e cada vez mais estabelecer, por exemplo, o *redesign* como uma característica a ser defendida, e que a distinga de outras formas de pesquisa.

Se é questionável entender a SEA como uma sub-linha da DBR, como propõe Kneubil e Pietrocola (2017), é mais ainda entender a DBR como uma forma de produzir SEA, como propõe Mesquita *et al* (2021). Indo além, identificar em 2021 a proposta das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) como algo que se enquadra na estrutura da SEA possui dois tipos de problemas. O primeiro, é que a própria natureza da UEPS e da SEA são diferentes. Pessanha (2023, pp.22-28) comenta sobre alguns modelos de planejamento<sup>55</sup> de sequências didáticas, que incluem um conjunto de etapas a serem cumpridas em que os referenciais teóricos já estão mais ou menos dados, de forma que exista mais ou menos espaço para a reflexão do docente (que irá elaborar e implementar a sequência). Segundo o autor, a UEPS é um dos modelos mais fechados. Nesse sentido, segue em sentido contrário a SEA, que é aberta justamente por sua profunda identidade enquanto atividade de pesquisa (e a SEA nem mesmo entra na categoria de modelo de planejamento). O segundo problema, em termos de comunidade, a UEPS é uma proposta com a qual se faz pesquisa e tem seus problemas particulares - parece ser pouco proveitoso criar uma conexão, uma vez que os praticantes da UEPS não fazem parte da SEA (e vice-versa).

Apesar de esclarecedor, o termo **comunidade** também parece produzir questões. Por exemplo, vamos supor que nos anos 2000 um grupo brasileiro, a parte de toda essa discussão, realize pesquisas objetivando a inovação curricular do ensino de física, através da

---

<sup>55</sup> Sendo eles: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, Sequências didáticas segundo o Modelo Topológico de Ensino, Sequências de Ensino Investigativas e a Unidades Didáticas Multiestratégicas (e por fim, a sua proposta que é a Prática Baseada no Design, baseada na SEA).

inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Sem tomar conhecimento da literatura da comunidade de design, os pesquisadores conduziam suas pesquisas através da elaboração de sequências didáticas. Para cada tópico de FMC, os autores mesclavam diferentes referenciais teóricos, e utilizavam isso como fundamentação para a elaboração das sequências, que contava com a participação de professores da escola básica. Esses professores futuramente implementavam essa sequência, e os pesquisadores coletavam dados e analisavam o que deu certo e o que deu errado. Com isso, os pesquisadores extraíam conhecimento dessas implementações, e utilizavam-no para aprimorar futuras sequências didáticas. Anos se passaram, e os pesquisadores conhecem então as discussões sobre SEA.

Esses pesquisadores produzem SEA's? Se entendermos SEA como **atividade de pesquisa, produto** e "**metodologia**", poderíamos de forma anacrônica dizer que sim. Entretanto, se entendermos como **comunidade**, entramos em uma zona nebulosa. Somos tentados a dizer que não, pois os pesquisadores não se reconheciam como parte, nem utilizavam a mesma literatura técnica e a mesma linguagem daquela comunidade. Entretanto, como mencionamos, três elementos para a gênese da SEA foram dois simpósios (2000 e 2001) e uma edição especial do IJSE. A pauta dessas discussões eram os trabalhos desenvolvidos principalmente nos anos 90. Nessa formação de comunidade, os pesquisadores já olhavam para seus trabalhos, de forma anacrônica, chamando de SEA.

Entendemos a SEA como uma **comunidade** que realiza **atividade de pesquisa** e produz um **produto**, cuja sigla nomeia esses três elementos. Especialmente nesse início, não havia comunidade, e o uso anacrônico do termo é não só liberado como foi necessário para a formação da mesma. Portanto, os pesquisadores brasileiros, por terem realizado suas pesquisas contemporaneamente a esse processo, estão habilitados também a chamar de SEA. Entretanto, passado os anos e tendo a consolidação dessa comunidade, não se justifica a utilização desse termo para propostas que hoje se *parecem* SEA, mas cujos pesquisadores não são *praticantes* da mesma (isto é, não utilizam essa literatura).

O que estaria fora dessa comunidade? Pessanha (2023) comenta alguns métodos (ou modelos de planejamento didático, como diz o autor), que não seriam SEA. Alguns exemplos seriam as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), o Modelo Topológico de Ensino (MTE) e as Sequências de Ensino Investigativas (SEI).

### 3.4 – Postura empírica

É muito comum que em publicações da SEA (e da própria DBR) surja a palavra "empírica" para caracterizá-la. Mas o que exatamente se quer dizer com isso? Nessa breve seção, faremos um recuo à filosofia da ciência, resgatando o conceito contemporâneo de *postura empírica*. Após isso, propomos que essa parece ser a melhor definição para o que se entende como "empírico" nas pesquisas envolvendo a SEA.

Tradicionalmente, a palavra empirismo surge como uma contraposição à metafísica, a arte de especular (VAN FRAASSEN, 2002). Essa afirmação pode trazer conflitos para a pesquisa em ensino, uma vez que em geral os procedimentos de coleta de dados incluem coisas como entrevistas, questões abertas e fechadas e gravações de áudio e vídeo. Análises quantitativas muitas vezes são insuficientes, e se utiliza análises qualitativas que em essência demanda **interpretação** do pesquisador. Tão logo estamos no regime da metafísica, falando sobre a “interação dos atores na noosfera”, sobre uma “cultura escolar” ou um “processo de desumanização”. Parece então que clarificar o que se entende como *empirismo* é não somente necessário para torná-la uma *metodologia madura*, mas também para evitar contradições. A breve discussão que faremos a seguir é baseada no livro *The empirical stance*, do filósofo da ciência Bas Van Fraassen, talvez o mais famoso defensor do empirismo ainda vivo.

A palavra empirismo ao longo da história teve muitos significados. Um bom exemplo dessa pluralidade de significados é o de Francis Bacon. Hoje tido como um exemplo de empirista, Bacon falava explicitamente que não era empirista e criticava-os (VAN FRAASSEN, 2002, p.33). Apesar dessa dificuldade, usando uma noção de empirismo mais contemporânea e buscando algumas sínteses, poderíamos dizer que existe uma noção **psicológica** de empirismo – que entra em embate com o racionalismo sobre qual é a fonte do conhecimento, sendo que o empirismo afirma ser as sensações, o racionalismo, a mente. Um representante dessa noção seria David Hume. Em um segundo momento, podemos supor uma noção **metodológica** de empirismo. Ela está associada ao afastamento da metafísica, na qual o conhecimento deve estar circunscrito pelas leis gerais da ciência, que são experimentalmente determinadas, através de medições e relações quantitativas. Representantes dessa noção seriam August Comte, Bacon e Leibniz (VAN FRAASSEN, 2002, p.35-36).

A dúvida que surge é se existe *alguma coisa* que percorre essas diferentes visões de empirismo. Van Fraassen (2002, p. 37, nossa tradução) em um primeiro momento, propõe que seria uma insatisfação contra a metafísica, mais especificamente ancorada em dois pontos:

1. Rejeição de exigências por explicações em certos pontos cruciais
2. Uma forte insatisfação com explicações que procedem a partir de postulados.

Para dificultar ainda mais tal tarefa, Van Fraassen (2002, p.38) apresenta algumas críticas ao empirismo moderno. Ele sintetiza, que os críticos apontam o empirismo como associado a uma ideia de “fundamentos do conhecimento”.

Não pode haver dúvida (recordaram os críticos) que todo o nosso conhecimento *começa com* a experiência. Mas a ideia de que a experiência *fornece* os fundamentos e a fonte do conhecimento eles atacaram como insustentável. A segunda crítica é mais profunda: mostra que esse fundacionalismo foi concebido como, de fato, uma tese metafísica exatamente do

tipo contra a qual o empirismo encena sua recorrente rebelião. (VAN FRAASSEN, 2002, p.38, grifos no original, tradução nossa.)

O desafio está dado: como dar um significado para a palavra empirismo que capture as propostas filosóficas comumente reconhecidas como empíricas e que, ao mesmo tempo, não seja facilmente invalidada pelas críticas contemporâneas?

Van Fraassen (2002) estuda as possibilidades de identificar o empirismo fundamentado em uma crença em uma dada afirmação (por exemplo, “A experiência é a única fonte de informação”). Entretanto, o autor argumenta que qualquer tentativa nesse sentido está fadada ao fracasso (ver p. 41-46). A alternativa proposta pelo autor é identificar como uma *postura* (*stance*):

Uma posição filosófica pode consistir em uma postura (atitude, compromisso, abordagem, um *cluster* que possivelmente inclui algumas atitudes proposicionais, como crenças também). Tal postura pode, é claro, ser expressa, e pode envolver ou pressupor também algumas crenças, mas não pode ser simplesmente equiparada a ter crenças ou fazer afirmações sobre o que existe. (VAN FRAASSEN, 2002, p.38, grifos no original, tradução nossa.)

O autor associa as seguintes atitudes aos empiristas: rejeição das demandas de explicação e a insatisfação/desvalorização da explicação por postulado; uma “rebelião” contra a teoria; um chamar para a experiência; uma admiração pela ciência e um ideal de racionalidade epistêmica, que não impede desacordo. Dessa forma, uma postura empírica entra em conflito com uma postura metafísica em partes pelas próprias atitudes, compromissos, valores e objetivos.

Voltemos à SEA. Propomos que o conceito de ‘postura empírica’ se encaixa com as demandas da comunidade para trazer clareza ao que se entende como ‘empírico’. Em seus trabalhos, não é admitido uma posição filosófica empírica em termos de uma crença em uma afirmação. Procura-se, por exemplo, realizar um chamar para a experiência produzindo propostas empiricamente adaptadas ao raciocínio dos estudantes (PSILLOS & KARIOTOGLOU, 2016). Existe um ceticismo quanto às possibilidades de resolução de problemas de ensino-aprendizagem apenas com base nas teorias educacionais mais gerais (LIJNSE, 1995). Há uma admiração pela ciência e um ideal de racionalidade epistêmica, conforme discutido anteriormente.

É interessante notar que, especialmente na DBR, muitos autores sugerem o pragmatismo como uma postura filosófica adequada (por exemplo, Anderson & Shattuck (2012) e Juuti *et al* (2016)). A distinção entre empirismo e pragmatismo não é simples se considerarmos as versões mais recentes do empirismo. Futuras pesquisas poderiam

investigar essa distinção no contexto da DBR/TLS. Por fim, nós também adentramos em uma outra discussão filosófica na dimensão meta – quanto a compreensão da SEA enquanto prática de elaborar modelos – que optamos por deixar essa no Apêndice E.

## Capítulo 4: Nosso método para elaborar a SEA

Como discutido no capítulo 3, há diferentes métodos para realizar a etapa de preparação. Nesse capítulo, discutiremos o nosso. Detalharemos sobre ele futuramente. Um esquema para entendê-lo pode ser visualizado na figura 4.1. Essa SEA foi elaborada e implementada numa escola pública em duas turmas de modo extracurricular, com aproximadamente 13 estudantes de diferentes anos escolares (com exceção da aluna 3 que estava no 9º ano, todos estudantes eram do ensino médio).

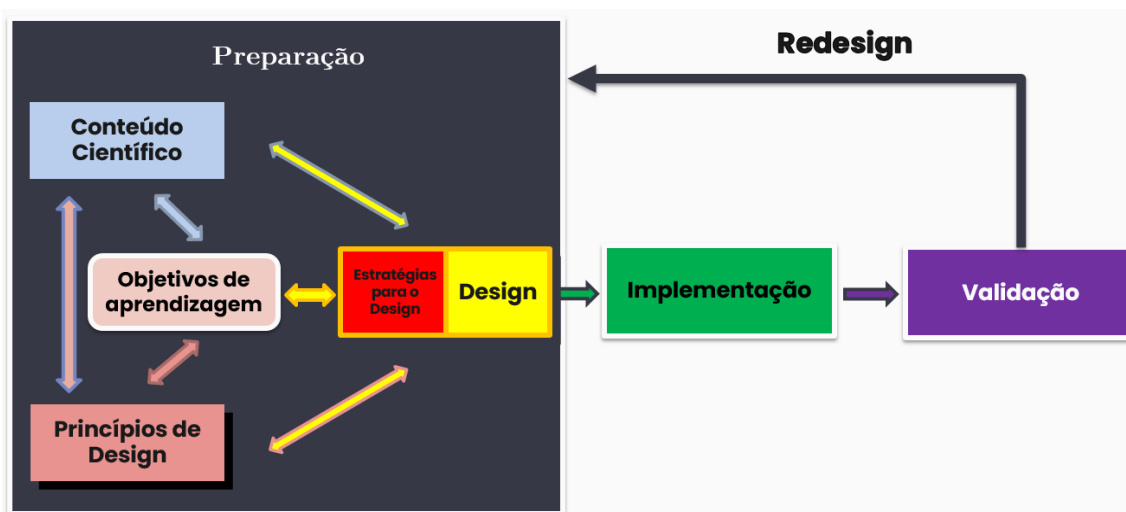


Figura 4.1 – Esquema do nosso processo de design. Fonte: Elaborada pelo autor.

Antes de aprofundarmos na descrição do nosso método, no restante dessa seção e na 4.1 e 4.2 discutiremos a fundamentação teórica que dá origem aos princípios de design da nossa SEA.

Considerando o capítulo 2, realizamos as seguintes proposições sobre os projetos de raios cósmicos:

- i. Dentre suas características, se encontra o envolvimento de físicos na relação de ensino.

- ii. Há uma ausência de trabalhos teóricos e, principalmente, empíricos que estejam baseados na literatura da educação científica.
- iii. Existem propostas de atividades elaboradas no interior desses projetos. O Quarknet é um dos projetos mais bem consolidados nesse sentido, disponibilizando um portfólio com diferentes atividades.<sup>56</sup> Nelas, notamos que o ensino é centralizado no próprio detector, contendo atividades com histogramas, aprofundamentos nas partículas que compõe o chuveiro e possíveis extrapolações.
- iv. Embora existam essas atividades que afirmamos ser parte do meio e do fim de uma possível sequência didática, o modo como iniciar esse ensino parece incerto. Por vezes, se opta por uma exposição do próprio início da pesquisa em raios cósmicos, centralizando a discussão no “experimento crucial” com balões realizado pelo cientista Viktor Hess.

Por outro lado, quando olhamos para o ensino da FP de forma mais ampla, internacionalmente, Passon, Zügge e Grebe-Ellis (2019) realizaram um levantamento bibliográfico sistemático da literatura de ensino de FP, tecendo críticas à chamada “Concepção Herdada” (*received view*) da FP. Segundo ela, o ensino de FP se dá da seguinte maneira:

“[...] parte-se do Modelo Padrão e apresentam-se os quarks e os léptons como “blocos fundamentais” do mundo material; caracterizam-se as interações como trocas de partículas; valoriza-se a visualização das interações, para a realização da qual, por vezes, apropria-se dos Diagramas de Feynman (DF). Nos EUA, Hobson (2011) critica essa abordagem e a nomeia “Lista de Compras” (Laundry List).” (GHIDINI *et al*, 2021, p.1180)

Ao nosso ver, a concepção herdada valoriza aspectos descritivos em detrimento de explicativos. Em muitos casos, a forma de ensinar é repleta de jargões (como os “blocos fundamentais”) que possuem um significado dentro da área de pesquisa de FP. Concordando com Passon, Zügge e Grebe-Ellis (2019), embora na prática científica esses jargões e analogias não tenham ambiguidades devido à formação dos físicos, no ensino mais amplo elas podem levar a concepções erradas e, além disso, omitem as verdadeiras novidades da física de partículas. Essas preocupações parecem ir de encontro com a preocupação de Pietrocola & Ostermann (2020), quanto à ausência dos ‘princípios físicos’ no ensino da FP.

Por outro lado, o processo de ensino-aprendizagem demanda a produção de um efeito de compreensão nos estudantes. O uso de analogias e jargões que são compostos por palavras do cotidiano, promove a produção desse efeito – seja lá o que realmente os estudantes estejam compreendendo. Nos preocupando com essa compreensão, do ponto de

---

<sup>56</sup> <https://quarknet.org/data-portfolio>

vista meramente conceitual, o desafio da didática<sup>57</sup> está dado: **Como produzir uma compreensão desse tópico nos estudantes que seja o mais adequada possível do ponto de vista científico?** Para responder a essa pergunta, parece-nos que a didática deve evitar os erros da concepção herdada de restringir a explicação à descrição de propriedades e à taxonomia das partículas ou utilizar analogias sem cautela. Nesse sentido, concordando com a discussão realizada no capítulo 1, o ensino deve ter um foco nos conceitos considerando a sua base epistemológica por duas razões: (i) pela defesa curricular que realizamos no capítulo 1, na qual a própria NdC tem um papel importante e (ii) os próprios conceitos são melhor compreendidos quando se apresenta a epistemologia (esse ponto ficará mais claro adiante).

Como os conceitos são sempre *sobre* alguma coisa (YOUNG, 2011), a partir de Astolfi e Develay (1990), notamos que o ensino de conceitos está muito próximo das investigações quanto às *representações*, que outrora tiveram destaque na pesquisa em ensino. Parte dessas investigações tomavam as representações como estratégias cognitivas em resposta a um problema (por exemplo, “como surgem os carvalhos”), em que por vezes se relacionava os enunciados dos estudantes (“Os papais carvalhos e as mães carvalhos se reúnem à noite para fazer bebês carvalhos.”) com uma hipótese de representação (no caso, “Ideia de que todos os seres vivos têm dois pais e de que toda reprodução é sexuada, mesmo nas plantas”) (ASTOLFI & DEVELAY, 1990, p. 41). Esse tipo de pesquisa permite tomar duas vias diferentes, mas que são complementares e que possuem certa intersecção: pode-se investigar **o que os estudantes aprenderam** ou o que eles **não aprenderam**. Em outras palavras, pode-se investigar os acertos ou os erros. Nessa última opção, não por acaso, esse tipo de pesquisa por vezes investiga os *obstáculos* que surgem no caminho das aquisições científicas. (ASTOLFI & DEVELAY, 1990, p. 64).

Considerando esse contexto e que o processo de iteração de uma SEA parece ser melhor desenvolvido na medida em que se explora os aspectos que foram problemáticos na implementação da sequência (LOUKOMIES *et al*, 2016), surge o problema empírico da nossa pesquisa: **Quais são os obstáculos que se manifestam quando os estudantes tentam solucionar problemas ao longo da sequência?** A resposta a essa pergunta se dá a partir de investigação empírica. Para subsidiar a investigação (bem como a própria SEA), apresentamos a seguir o que está sendo entendido neste trabalho com as palavras “obstáculos” e “solucionar”. Para os obstáculos, utilizaremos as apropriações do filósofo Gaston Bachelard no ensino de ciências. Em termos de soluções, utilizaremos a literatura de modelos do filósofo Ronald Giere apropriada para o ensino de ciências. Embora exista uma grande literatura sobre modelos no ensino e na filosofia, o que implica numa pluralidade de abordagens, parece que na intersecção se encontra que os modelos designam diferentes representações de algum conhecimento (PESSANHA, 2014, p.45). Considerando que as

---

<sup>57</sup> Astolfi e Develay (1990) em seu livro cujo título traduzido é “A didática das ciências”, realizam uma breve genealogia da palavra didática, em que culmina em duas perspectivas diferentes para a pesquisa em didática. Em ambos os casos, parece ser válido considerar que um dos objetivos da didática é realizar uma reflexão epistemológica sobre o saber a ensinar, estabelecendo-o como um objeto de estudo.



representações são a base para a solução de problemas, esse parece ser um bom caminho teórico.

## 4.1 – Fundamentação teórica: obstáculos

O conceito de obstáculo epistemológico é formalizado pela primeira vez pelo filósofo Gaston Bachelard na sua obra *A formação do espírito científico* (1938). Esse livro é utilizado como base por diferentes pesquisadores da área de ensino, dentre eles o francês Guy Brousseau. Apesar de Brousseau atuar na educação matemática, suas proposições como contrato didático e obstáculo didático ultrapassam esse campo disciplinar, sendo apropriados, por exemplo, por pesquisadores de ensino de FMC (PIETROCOLA, 2010; PESSANHA, 2014). Com base em Brousseau (1986) e Bachelard (1938), Pietrocola e Gurgel (2017)<sup>58</sup> extraem a partir de pesquisas empíricas que, resumidamente, os impedimentos do ensino da FMC se dão de duas formas distintas e complementares: quatro tipos de **obstáculos didático-epistemológicos**, e cinco tipos de **obstáculos didático-pedagógicos**. Cada um dos obstáculos é acompanhado por um parágrafo no qual ele é discutido. Apenas a título de exemplo, temos:

*Fenomenológico* - A maioria dos fenômenos que compõem os conteúdos da física clássica são acessíveis na vida cotidiana e/ou em laboratórios didáticos na forma de atividades experimentais simples. Os fenômenos considerados nas teorias modernas e contemporâneas pertencem a um mundo além dos limites da vida cotidiana: o muito pequeno, o muito rápido, [...] (PIETROCOLA & GURGEL, 2017, tradução nossa, grifo no original)

Uma vez que se tenha essa classificação dos obstáculos, poderia se pensar que um trabalho empírico que investigue os obstáculos manifestados se reduza a uma espécie de constatação de quais obstáculos surgiram ou não – ou, em outras palavras, de uma mera categorização. **Não é esse o caso**. Ao longo dessa seção, gostaríamos de convencer o leitor de que a nossa seguinte hipótese é válida:

**Os obstáculos são manifestados através de tipos de erros específicos: casos em que o erro é devido a uma concepção prévia, funcionando como um freio a novas aquisições científicas e, no contexto escolar, pedagógicas. Eles não são obstáculos externos, associados a complexidade e a fugacidade**

<sup>58</sup> É importante destacar que, apesar de trocar algumas palavras, são os mesmos obstáculos escritos por Pietrocola (2010). Por uma preferência na forma como são escritos, utilizamos a versão de Pietrocola & Gurgel (2017).

**dos fenômenos, mas próprios do ato de conhecer. Sendo assim, a própria manifestação do obstáculo é dependente não só da nova aquisição científica pleiteada, mas do contexto local de ensino. O valor da investigação dos obstáculos não está na classificação, mas na compreensão que se extrai a partir das suas manifestações. Uma mesma situação pode manifestar diferentes obstáculos. Os obstáculos podem aparecer em diferentes formas, o que implica que para um mesmo tipo de obstáculo, duas intuições diferentes e até opostas podem ocorrer.**

Essa será a hipótese base para o redesign no capítulo 5. No restante dessa seção, gostaríamos não só de convencer a validade dela, mas de acrescentar significado. Para isso, a nossa exposição seguirá o seguinte caminho. Inicialmente, discutiremos o que para nós significa obstáculo didático-epistemológico e obstáculo didático-pedagógico, tendo como base a obra de Bachelard e de Brousseau. Em seguida, selecionaremos alguns obstáculos para exposição – não só ilustrando o conceito, mas também dando subsídio para pensar porque no capítulo 5 o que apresentamos são *realmente* obstáculos.

#### **4.1.1 – Atribuindo significado ao ‘obstáculo’, ‘didático’, ‘epistemológico’ e ‘pedagógico’.**

A nossa compreensão de “obstáculo epistemológico” não é contraditória com a de Brousseau e a de Bachelard. Os obstáculos são manifestados através dos erros (BROUSSEAU, 2008, p. 49). Entretanto, a causa desse erro são as concepções adquiridas anteriormente, que produziam resultados corretos ou vantagens observáveis em um determinado contexto, mas que não é o caso para um novo contexto: “Algumas concepções adquiridas não desaparecem imediatamente em benefício de uma concepção melhor: resistem, provocam erros, tornando-se então, “obstáculos.” (*ibid*, p. 48). O novo conhecimento se dá em *oposição* ao conhecimento anterior. Mesmo quando o estudante compreende a aplicação de um novo conhecimento em uma dada situação, há a possibilidade de que o obstáculo esteja em estado latente e que surja em uma nova situação (*ibid*, p.50). Isso sugere que “Alguns desses obstáculos são inevitáveis e constitutivos do saber – mas outros são o resultado de um sobreinvestimento didático.” (BROUSSEAU, 1986, p.69). Entendemos que daí se faz importante compreender os obstáculos constitutivos do saber para então, elaborar estratégias para supera-los.

Sendo assim, é em Bachelard (1938) que fica claro o significado e a importância da palavra “epistemológico”. No que importa para este trabalho, sugerimos que a proposta de

Brousseau não é contraditória com Bachelard (1938)<sup>59</sup>. Os **obstáculos seriam as causas da inércia** que impedem uma nova aquisição científica (*ibid*, p.17). Compreender a forma como Bachelard (1938) lida com a história da ciência é central para compreender a dimensão epistemológica dos obstáculos<sup>60</sup>. Nesse sentido, é importante explicitar que, embora o erro seja sempre manifestado por um indivíduo, o foco da análise deve se dar mais em termos estruturais do próprio conhecimento e a relação deste com a concepção prévia, do que com os diferentes aspectos subjetivos do indivíduo que manifestou esse erro. O particular é, então, condição necessária para se encontrar o geral, e não ele mesmo a finalidade. A psicanálise é do conhecimento, e não do indivíduo<sup>61</sup>.

Ao longo da obra, Bachelard analisa principalmente o progresso do conhecimento científico entre o século XVII e o século XIX: “[...] o progresso implica um esforço no qual **o espírito científico se violenta** para se afastar de uma concepção antiga e adotar uma verdade nova.” (BONTEMS, 2017, p.37, grifo nosso). Entretanto, isso implica um progresso em termos de rupturas ao invés de continuidades. Bachelard (1938) apresenta e analisa ao longo do livro inúmeros erros que aconteceram nesse período, que são encaixados em um conjunto de obstáculos. Para ele, o conhecimento começa pelo erro (BONTEMS, 2017, p.44). Nesse sentido, o autor lida mais com uma ciência real do que uma ciência idealizada (PATY, 1995). A epistemologia de Bachelard é tida como “*trans-histórica*”: “sua intenção não é julgar a história das ciências a partir de um ponto de vista epistemológico historicamente fixo e privilegiado, mas a partir de qualquer ponto de sua história.” (BONTEMS, 2017, p.40).

Para aprofundarmos, cabe uma contextualização ao trabalho de Brousseau (1986). O texto é um ensaio teórico, sendo ele o capítulo 3 de sua tese (intitulada *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*), que contém trabalhos experimentais (BROUSSEAU, 1986, p.96). Nesse texto, o autor realiza uma descrição e explicação sobre as atividades ligadas a comunicação dos saberes, organizando uma série de conceitos da didática e realizando uma *modelização*<sup>62</sup> sobre os fenômenos (construídos a partir dos trabalhos experimentais que ele e outros pesquisadores realizaram) que acontecem nas relações a-didáticas<sup>63</sup>, que são situações na qual durante o período em que o estudante aceita o problema e em que produz a sua resposta, o professor recusa-se a intervir como proponente dos conhecimentos que pretende fazer surgir, resultando numa interação mais independente e mais fecunda (p. 49) e, principalmente, sobre os fenômenos que acontecem nas relações didáticas, na qual nesse mesmo período, é nítida a intenção do professor em ensinar, sendo

<sup>59</sup> Brousseau (1986, p.100) também realiza tal afirmação. Entretanto, Brousseau (2008, p.48) afirmou que Bachelard (1938) explicou que o conceito não acontecia na matemática, embora Brousseau (2008) acredite que sim. De toda forma, essa discordância não afeta a nossa exposição.

<sup>60</sup> Essa afirmação vem a partir de uma comunicação interna com Renan Milnitsky, que em breve defenderá sua tese de doutorado.

<sup>61</sup> Bontems (2017, p.45) recorda que o subtítulo da obra é “contribuições para uma psicanálise do conhecimento”.

<sup>62</sup> Embora não seja predominante, em certos momentos, a modelização adquire tal nível de formalização que seriam normalmente vistos na lógica formal – inclusive, citando autores dessa área, como Patrick Suppes. Essa nota talvez ilustre um pouco sobre o *tom* do texto.

<sup>63</sup> Vale apontar que a SEA elaborada possui situações a-didáticas e didáticas.

manifestadas em diferentes formas, mas restringidas por um *contrato didático* entre professor e aluno, que indica certos comportamentos, expectativas e responsabilidades desses atores.

É em alguns estudos de caso desses fenômenos que o autor explicita o conceito de obstáculos epistemológicos (também discutido nos capítulos anteriores de sua tese) e, mais ao final, obstáculos didáticos. Apesar do texto ser relativamente extenso (p.35-p.113) em poucos momentos o autor faz uso explícito da noção de obstáculo – mesmo em sua tese –, mas entendemos que de alguma forma eles se manifestam nas diferentes situações que o autor analisa. Interpretamos que esse conjunto de expectativas, comportamentos e responsabilidades na relação didática que permite a generalização de fenômenos, são um indicativo de que **a própria relação didática é também condicionada por uma concepção anterior, e a tentativa de adotar uma nova concepção pode levar a manifestação de erros** – sendo assim, obstáculos didáticos – **ou, como chamaremos nesse texto, obstáculos didático-pedagógicos.**

Cabe discutir o que significa as palavras “didática” e “pedagógica” neste texto. Astolfi e Develay (1990) em seu livro cujo título traduzido é “A didática das ciências”, realizam uma breve genealogia da palavra didática, em que culmina em duas perspectivas diferentes para a pesquisa em didática. Em ambos os casos, parece ser válido considerar que um dos objetivos da didática é realizar uma reflexão epistemológica sobre o saber a ensinar, estabelecendo-o como um objeto de estudo. Nesse sentido, o uso da palavra “**didática**” considera o processo de simplificação e transformação do saber, seja para livros textos ou como objeto da relação professor-aluno<sup>64</sup>. Para nós, o uso da palavra “**pedagógica**”, estaria mais restrita a própria relação entre professor-aluno, incluindo as técnicas de ensino-aprendizagem, a avaliação e as expectativas sobre o papel do professor e do aluno. Entendemos que existe alguma sobreposição entre essas duas definições, mas com uma diferença importante: a palavra pedagógica é menos dependente das especificidades do saber que está sendo considerado.

Essa construção teórica que propomos parece ser pertinente para expressar como compreendemos a proposta teórica de Pietrocola (2010) e Pietrocola e Gurgel (2017). Os **obstáculos didático-epistemológicos** teriam uma caracterização similar a dos obstáculos epistemológicos, com o diferencial de que estão presentes no contexto escolar, sendo assim condicionados aos diversos fatores que o saber está fadado a interagir para poder estar presente na sala de aula. Diferentes propostas teóricas analisam esses fatores, sendo uma das mais reconhecidas a transposição didática de Yves Chevallard. Já os **obstáculos didático-pedagógicos**, além da descrição anterior, consideramos que eles seriam acarretados devido aos “[...] condicionantes forjados ao longo de mais de 200 anos de história de ensino de física.” (PIETROCOLA, 2010, p.29). Os “Erros e acertos selecionaram conteúdos, definiram

---

<sup>64</sup> Pietrocola (2010) lembra que no contexto da Didática Francesa (que é onde a discussão que estamos propondo está centrada), o sistema didático é entendido como o espaço simbólico de relações didáticas, envolvendo professor, alunos e saber.

atividades, aperfeiçoaram formas de avaliações, gerando um saber escolar adaptado ao sistema de ensino, por isso altamente estável.” (ibid, p.29).

#### 4.1.2 – Compreendendo alguns obstáculos da literatura

Visando ilustrar os conceitos da seção 4.1.1, aprofundar alguns aspectos bem como sugerir porque o que se manifestou no capítulo 5 são **realmente** obstáculos, discutiremos alguns exemplos, a começar com a obra do próprio Bachelard (1938). Embora boa parte da obra do francês esteja estruturada de tal forma que cada capítulo corresponde a um obstáculo, sendo que cada obstáculo é discutido através de episódios históricos, não é incomum que Bachelard se refira a diferentes obstáculos em um mesmo estudo de caso (por exemplo, p.44, p. 78, p. 91, p. 232, p.244, p.287). Isso nos permite afirmar que uma mesma situação pode manifestar diferentes obstáculos.

O **primeiro obstáculo** discutido por Bachelard (1938) é o da **experiência primeira**, relacionado ao contato inicial com o fenômeno. Em uma primeira forma, esse obstáculo se manifesta como um apego restrito à própria sensação do fenômeno, como lembra Bachelard (1938, p. 40) quanto aos demonstradores de raio X, que chegavam a fazer parcerias com escolas. Essa **limitação do raciocínio** é bem evidente no contexto escolar. Bachelard (1938, p. 49) recorda do caso em que uma demonstração experimental ocasionou uma explosão: pelo menos metade recordava dessa aula de química, quase ninguém lembrava das razões objetivas da demonstração, mas se recordavam da “cara” do professor. Por outro lado, o obstáculo da experiência primeira também pode se manifestar através de explicações ilógicas frente aos dados obtidos. Essa **incongruência do raciocínio**, é manifestada, por exemplo, por Carra, que “[...] relacionou o aparecimento dos vegetais e dos animais a uma força centrífuga que tem, segundo ele, parentesco com a força elétrica.” (ibid, p.46-47). Isso revela uma outra característica: os obstáculos andam em pares (ibid, p.260). De um lado uma limitação, do outro uma incongruência. É bom explicitar que a **incongruência** pode ter uma outra razão – não de ordem empírica, mas de ordem filosófica, na qual também se afirmam generalidades que ultrapassam a experiência. Essa seria uma manifestação do **obstáculo do conhecimento unitário e pragmático**.

A compreensão do obstáculo exige mais do que a identificação e a classificação do obstáculo. Exige um verdadeiro esforço de “psicanálise do conhecimento”, que é um tema central na obra, em busca de caracterizar melhor essa causa da inércia. Nesse quesito, o esforço de síntese que estamos realizando se depara com problemas. Embora para a incongruência seja mais evidente que existem conhecimentos prévios provocando o erro (a conclusão indevida), o raciocínio limitado já é menos evidente – talvez na ordem do “inconsciente” do saber. Não à toa, Bachelard (1938) se esforça em trazer diferentes exemplos no qual realiza descrições sobre o sujeito que manifesta esses obstáculos – muitas vezes trazendo as emoções expressadas -, que interpretamos como sugestão da concepção prévia que provoca essa inércia. Um mesmo obstáculo pode ser impedimento para diferentes

aquisições científicas. E é no próprio ato de conhecer as reações químicas (que provocou a explosão), por exemplo, que o obstáculo da experiência primeira se manifesta – sendo então, da própria estrutura desse conhecimento.

Ressaltamos esse ponto, pois a distinção valoriza o conceito. “Se tudo fermenta, a fermentação acaba sendo um fenômeno sem grande interesse.” (BACHELARD, 1938, p.90). A psicanálise do conhecimento é trabalhosa. Para nós, nem todo erro é a denúncia de um obstáculo. Um estudante pode errar o produto entre sinais devido a desatenção, porque sente fome ou por algum outro sentimento específico daquele momento, externo ao ato de conhecer. Como ressalta o francês: “[...] não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos [...]” (*ibid*, p.17). Esses erros não são obstáculos epistemológicos. Mas o erro do produto entre sinais pode ser um obstáculo se a causa for uma má relação com a própria matemática ou se o estudante compreender que o produto só faz sentido quando aplicado entre números explicitados.

Analogamente, nem todo erro que ocorre na relação professor-aluno é a manifestação de um obstáculo didático. Uma má condução pode ou não ser um obstáculo. Pode surgir problema, por exemplo, na apresentação de slides de um professor. O erro caracterizado por um uso infeliz de uma determinada fonte ou cor, que acabou dificultando a compreensão das informações, não constitui um obstáculo. Mas o obstáculo pode se manifestar numa apresentação de slides em que o professor, ainda que a proposta fosse a não utilização de determinadas analogias, ainda sim o faz, pois não admite a possibilidade de uma outra forma de ensinar devido a uma tradição mais enraizada.

Muito embora a matemática seja capaz de limitar extensões abusivas provocadas pelo **obstáculo substancialista**, como no caso da lei de Ohm (BACHELARD, 1938, p. 132), ela também pode ser origem dos **obstáculos do conhecimento quantitativo**. Nesse caso, o obstáculo pode se manifestar como algo **demasiadamente preciso**, que perpassa por não perceber que “[...] é o seu método de medir, mais do que o objeto de sua mensuração, que o cientista descreve.” (*ibid*, p. 261, grifo no original). A ausência de reflexão sobre o que está sendo medido com tanta precisão é manifestada na piada de Dulong: “ele tem certeza do terceiro algarismo depois da vírgula; é do primeiro que ele tem dúvida.” (*ibid*, p. 263). Essa manifestação contraria uma outra forma desse obstáculo, caracterizada por uma **hostilidade a matemática**. Por exemplo, o padre Castel condena as propostas de Newton devido ao grau de dificuldade que sua formalização produziu (*ibid*, p.282).

Uma outra manifestação deste tipo de obstáculo, é quanto as dificuldades da primeira medida. A primeira medida exige uma tomada de precauções técnicas durante a montagem de um aparelho (*ibid*, p.266-267). Um instrumento pode ser definido também pelas perturbações de que ele se protege e pela garantia de desprezar certas influências (p.274). A ausência desse raciocínio está próxima do desconhecimento da realidade de escala. Quando se estuda o mundo do muito pequeno, pode se esquecer que todo novo domínio científico

necessita de leis novas (p. 277). A ausência desse tipo de raciocínio parece estar conectada a dimensão **instrumental**.

Vamos observar agora o esforço de síntese nas descrições dos **obstáculos didático-epistemológicos** realizado por Pietrocola & Gurgel (2017). Quando houver convergência na discussão, faremos apenas um comentário de síntese. Mas enxergamos espaço também para um pouco de polêmica, e pedimos desculpas antecipadas ao leitor que verá longos trechos de citação e argumentação, mas optamos por manter os textos na íntegra para demarcar com clareza o que está em discussão.

O **obstáculo da estrutura conceitual** parte de que os conceitos da FC podem ser entendidos como uma extensão abstrata dos conceitos presentes no conhecimento comum, como força, temperatura e calor. Já os da FMC – como spin, tempo e espaço relativo –, embora possam ser associados a conceitos intuitivos, o seu significado é bem diferente, violando ideias comuns. Nesse sentido, os conhecimentos prévios dos estudantes são obstáculos a aquisição do novo conhecimento científico.

O **obstáculo da base ontológica** considera que as entidades da FC são construídas a partir de objetos no mundo perceptível, como a energia, o tempo e as partículas. Já na FMC, as entidades possuem características opostas ao senso comum, como energia quântica, tempo dilatado e partículas sem massa. A compreensão das características, propriedades e comportamentos dessas novas entidades esbarra no problema de perceber que o conhecimento que funcionava para compreender uma situação anterior, não funciona para a nova situação.

Um dos grandes diferenciais entre a Física Clássica (FC) e a FMC é quanto à possibilidade de **experenciar o fenômeno**, que esbarra no obstáculo fenomenológico.

*Fenomenológico* - A maioria dos fenômenos que compõem os conteúdos da física clássica são acessíveis na vida cotidiana e/ou em laboratórios didáticos na forma de atividades experimentais simples. Os fenômenos considerados nas teorias modernas e contemporâneas pertencem a um mundo além dos limites da vida cotidiana: o muito pequeno, o muito rápido, o muito velho, etc. Tais fenômenos não são acessíveis ao cotidiano nem passíveis de serem apresentados em simples experimentos em laboratórios didáticos. Ou seja, enquanto um gotejamento que cria uma ondulação circular em um lago ou uma tigela com água pode ser usado para iniciar uma discussão sobre o conceito de mecânica ondulatória, quais ferramentas prontamente disponíveis podem ser usadas para discutir a natureza dual da luz? (PIETROCOLA & GURGEL, 2017, tradução nossa, grifo no original)

Entretanto, até que ponto o **acesso** ao fenômeno constitui um obstáculo? Em outras palavras, o **acesso** ao fenômeno é fator externo ou interno ao ato de conhecer? Na leitura mais favorável de considera-lo como obstáculo, poderíamos considerar que tradicionalmente a escola não dispõe de equipamentos desse tipo, sendo então algo

estrutural da escola. Sendo assim, a dificuldade ao acesso se constitui um problema interno ao ato de conhecer no ambiente escolar.

Por outro lado, poderia se pensar que o **acesso** ao fenômeno é mais um fator externo do que interno ao ato de conhecer. Estaria mais associado a ausência de condições materiais que possibilitem a presença de instrumentos necessários dentro do ambiente escolar. Como no fim estamos considerando os obstáculos que acontecem na relação entre **estudante, saber e professor**, nessa leitura, o **acesso** não seria considerado um obstáculo<sup>65</sup>. Por outro lado, a realização de atividades utilizando um detector de raios cósmicos possibilita a manifestação dos **obstáculos do conhecimento quantitativo** (principalmente quanto a forma demasiadamente precisa e a instrumental), e dos **obstáculos da experiência primeira**<sup>66</sup>. A superação desses obstáculos pode ser sintetizada com o seguinte desafio: como tornar **inteligível** os fenômenos da FMC? (GURGEL, 2013). Nessa leitura, o problema não é o acesso, mas a inteligibilidade do fenômeno.

Nesse sentido, o acesso ao fenômeno propiciado pelo detector parece cumprir um papel importante. Mas ainda que exista o acesso, nada implica que realmente o fenômeno se tornou inteligível, nem também podemos supor que o acesso é estritamente necessário para a compreensão do fenômeno, afinal os fenômenos da mecânica quântica e da relatividade na formação dos físicos são apresentados, quase sempre, com giz e lousa (por exemplo, o efeito túnel e a dilatação do tempo). As causas da inércia do pensamento que impedem a compreensão dos fenômenos possuem diferentes naturezas. O que concluímos então é que: ainda que o acesso possa desempenhar papel importante na superação dos obstáculos, a falta de acesso não é a causa da inércia do pensamento: nessa leitura, não é um obstáculo.

*Linguagem / formalização* - Grande parte dos conteúdos da física clássica podem ser transpostos para o ambiente escolar por meio de um formalismo matemático simplificado, composto de álgebra básica e geometria. Por outro lado, as teorias modernas e contemporâneas são estruturadas pelo uso de matemática complexa, como as funções de probabilidade, tensores, etc. Não há transposições didáticas centradas no ensino médio que aliviem as exigências de conhecimentos matemáticos para tais conteúdos. Esse tipo de problema tem sido abordado na literatura de duas formas: ou exigindo o conhecimento técnico necessário, ou optando por uma física mais conceitual e qualitativa, muitas vezes usando métodos metafóricos e análogos. (PIETROCOLA & GURGEL, 2017, tradução nossa, grifo no original)

<sup>65</sup> Talvez se considerássemos a leitura de Dominique Lecourt, que considera os obstáculos epistemológicos como valores ideológicos, ou a de Michel Vadée, que realiza uma leitura marxista de Bachelard, pudéssemos ter uma outra leitura (GURGEL, 2013).

<sup>66</sup> Um conceito de Bachelard que poderia complementar essa discussão é o de “fenomenotécnica”. Optamos por não trazer, porque a discussão realizada já é suficiente para compreensão da nossa discussão. Mas uma boa síntese desse conceito é encontrada no capítulo 1 de Bontems (2017).



No **obstáculo da linguagem / formalização**, se considera que a estrutura matemática das teorias modernas e contemporâneas, diferentemente da física clássica, não são passíveis de serem simplificadas a ponto de retirar os pré-requisitos matemáticos necessários. Precisamos perceber que a complexidade do fenômeno é algo externo, mas a estrutura matemática surge no ato de tentar conhecer esse fenômeno, sendo então algo interno. Por outro lado, para estar presente na sala de aula, o conhecimento precisa ser didatizado, como mencionam Pietrocola e Gurgel (2017). Dada as diferentes escolhas que se pode realizar, os obstáculos não se manifestam devido a estrutura matemática em si, mas sim como uma **consequência da forma como pesquisadores/professores lidam com a estrutura matemática**.

Isso já acontece na FC, embora em um número menor de casos. Vejamos um exemplo. Na FC, ao formalizarmos a descrição do movimento de um ‘bloco’, podemos utilizar a 2ª Lei de Newton e mudamos seu enunciado de derivada do momento linear em relação ao tempo por uma divisão da variação da quantidade de movimento pela variação do tempo, e com isso estudamos uma série de problemas fechados. Mas na quântica isso não funciona, porque nosso objeto além de possuir características ondulatórias (postulado de de Broglie), seu comprimento de onda varia com o momento (que varia conforme a variação do potencial). Não à toa, a função de onda que descreve o estado quântico desse objeto (e com ela, podemos encontrar os valores esperados de observáveis como a posição e o momento) só pode ser encontrada através do análogo quântico da 2ª Lei de Newton - a Equação de Schroedinger -, que mesmo na sua forma mais simplificada, carrega derivada da posição. Dessa vez, a resolução se dá por um “chute” da função de onda que satisfaz a equação diferencial encontrada, não podendo ser reduzida a “variação da função de onda pela variação da posição”.

Por outro lado, nem tudo na FC é passível de ser simplificado. No próprio contexto da ondulatória na FC, não existe a versão escolar da equação de onda que relaciona derivadas parciais da posição com derivadas parciais do tempo. O que se faz é tomar certas soluções da equação diferencial (como a equação do movimento harmônico simples), e/ou estudar certos parâmetros desse fenômeno (como a frequência e a amplitude)<sup>67</sup>. E ainda, a FMC também possui certas equações apropriadas ao nível escolar, como o tão recorrente cálculo da energia do fóton a partir da variação dos níveis de energia no átomo de Bohr – embora seja importante reconhecer, há bem menos possibilidades de equações adequadas à escola.

Ou seja: o **obstáculo** devido à complexidade da estrutura matemática pode ser lido (ou driblado) a partir da escolha do fenômeno a ser estudado – e dentro dele, quais características serão estudadas. Isso já acontece na física clássica. É claro que os alunos não vão saber encontrar uma função de onda, afinal, nem ao menos sabem o que é uma derivada.

---

<sup>67</sup> Esse exemplo surgiu a partir de uma comunicação interna com André Fantin, que em breve defenderá sua dissertação de mestrado.

Por outro lado, é possível optar por trabalhar um tópico que não possui simplificações matemáticas (como a Eq. De Schroedinger). Como apontamos, no contexto escolar os obstáculos não se manifestam devido a estrutura matemática em si, mas sim como consequência da forma como pesquisadores/professores lidam com a estrutura matemática. Caso opte por ensinar derivada para encontrar a função de onda, isso hora ou outra pode esbarrar em algum obstáculo **quantitativo** – e aqui, mais do que nunca, a hostilidade a matemática pode se fazer presente. Caso opte por uma física mais conceitual e qualitativa, a compreensão do fenômeno por vezes pode demandar um longo caminho - como por exemplo, aprender o que é a dualidade onda-partícula exige a compreensão de o que é um comportamento ondulatório e o que é um comportamento corpuscular -, podendo, por exemplo, esbarrar nos obstáculos da **experiência primeira**, levando a raciocínios incongruentes ou limitados, ainda mais agravados em tentativas de sintetização. E ainda, é claro, pode-se perceber outros obstáculos, ainda desconhecidos.

É bem verdade também que, muitas vezes, a estrutura matemática acrescenta significado e clarifica o conceito, como é o caso da aplicação do operador na densidade de probabilidade (que é obtido pela função de onda), resultando assim no valor esperado da grandeza (como a posição) – é nesse momento que se percebe em que sentido a função de onda descreve o estado quântico. Abordar isso conceitualmente pode manifestar obstáculos, uma vez que os estudantes podem facilmente conectar as palavras com alguma concepção prévia inadequada para este fenômeno.

No fim, a pergunta permanece: a causa da inércia é a estrutura matemática ou, por exemplo, a forma como se abordou com palavras um conceito que inicialmente está estruturado a partir da matemática? Um argumento em defesa de que a estrutura matemática é a causa do obstáculo mesmo na abordagem qualitativa, poderia ser: “a estrutura matemática é um constitutivo crucial do significado do conceito, e num esforço de buscar a “causa da causa”, é possível reconhecer que a causa da má compreensão dos estudantes dos “blocos fundamentais que constituem a matéria” se dá por uma concepção prévia do que significa “bloco”, mas essa expressão “bloco” só é causada devido a própria estrutura matemática complicada, que não permite que seja de outra forma.” Entretanto, seria necessário refletir o quão válida essa construção argumentativa é, analisando caso a caso. A princípio, parece que sempre há uma outra forma de ensinar. Embora a dificuldade da estrutura matemática da FMC amplifique e diversifique os obstáculos manifestados durante uma abordagem qualitativa, ela não é, em si, um obstáculo.

Em sequência, Pietrocola e Gurgel (2017) apresentam também os **obstáculos didático-pedagógicos** (ODP), apontando que o ensino da Física Clássica é fruto de um processo de *transposição didática* validado por um processo histórico. Nesse cenário, os autores sugerem 5 tipos de ODP, sendo que todos eles são facilmente identificados com uma concepção anterior de professores e alunos, constituindo um obstáculo tal como classificamos.

O **obstáculo da hierarquia conceitual de pré-requisitos** indica que o conhecimento mais recente é conceitualmente dependente do conhecimento mais antigo, sendo assim, não pode ser ensinado sem o mais antigo.

O **obstáculo da seleção de conteúdo** indica que os “[...] conteúdos dos programas de física tradicional são historicamente validados e estão prontos para serem ensinados. Inovar pela busca de novos conteúdos envolve assumir riscos, o que muitas vezes é visto como desprovido de mérito.” ((PIETROCOLA & GURGEL, 2017, tradução nossa)

O **obstáculo da intuição didática dos professores** é caracterizado a partir da prática e da fala de professores e alunos, em que se entende que problemas e exercícios fechados, por exemplo, são inerentes ao ensino de física. Isso acaba por excluir outras ferramentas didáticas, como certos textos e questões conceituais. Esse obstáculo é semelhante ao **obstáculo dos tipos de atividades propostas**, no qual se parte de que existem atividades exemplares que se supõe funcionarem (como a resolução de problemas), ao contrário de atividades como as baseadas em projeto, por exemplo.

Por último, o **obstáculo da avaliação**, indica que na FC o “o que” e o “como” se avalia já estão bem estabelecidos. Mudanças no conhecimento podem implicar em mudanças na forma de avaliação.

## 4.2 – Fundamentação teórica: modelos

Frente a um problema, os estudantes utilizam uma representação interna que os permitem explicar e/ou prever o fenômeno (GRECA & MOREIRA, 2000, p.8). Na seção 4.1, argumentamos que a expressão dessa representação pode revelar erros, que por vezes são identificados como obstáculos. Nesta seção, aprofundaremos em que sentido entendemos essa representação. A base da nossa discussão serão os trabalhos do filósofo da ciência estadunidense Ronald Giere, relacionando-a com alguns trabalhos da educação científica. Inicialmente, faremos uma breve apresentação de algumas ideias-chaves do filósofo. Em seguida, articularemos essas ideias no estudo de um episódio histórico – o início da pesquisa em raios cósmicos –, que será base da atividade mais original da nossa SEA. O estudo de episódios históricos é frequentemente utilizado como uma forma de discutir aspectos da NdC (BAGDONAS, 2014).

### 4.2.1 – Ideias principais: Ronald Giere.

Da obra *Explaining Science: a cognitive approach* do Ronald Giere (1988), destacamos três ideias principais.

A primeira, é que o autor abraça o chamado *naturalismo* na filosofia da ciência, que resumidamente seria identificar o conhecimento científico como um fenômeno natural, em que para estudá-lo pode-se utilizar tanto ferramentas comuns da filosofia, quanto da própria ciência. Um primeiro elemento naturalista, é que o estadunidense adere às propostas das ciências cognitivas, que tem como característica central o apontamento de que os humanos criam representações internas do mundo externo, denominadas de modelos mentais (GIERE, 1988, p.6). A atividade científica cria modelos semelhantes, mas que são elaborados no interior de uma comunidade e expressos de forma escrita utilizando palavras e símbolos matemáticos. Tendo isso, quanto ao problema de “aonde os modelos existem?”, o autor evita o platonismo: os modelos existem enquanto representações internas, ao mesmo tempo que são socialmente construídas. (DUTRA, 2013, p.134).

Uma segunda ideia principal, é que esses modelos podem representar diferentes coisas, como por exemplo objetos concretos que estão no mundo e interagem com os nossos sentidos. Dentre outras possibilidades discutidas pelo autor, destacamos os modelos teóricos, que almejam representar objetos abstratos idealizados que não estão no mundo real, sendo esses que majoritariamente compõe um livro didático de física: o plano inclinado sem atrito, o oscilador harmônico simples ou, como propomos, um osciloscópio que não perde carga devido a umidade do ar. Os modelos são construídos de forma que satisfaçam determinadas afirmações e equações (e por coerência interna, são verdadeiras para o modelo), mas não são, os próprios modelos, entidades linguísticas. Eles possuem *interpretação* (ou seja, associa-se um dado símbolo a um termo geral, como o  $x$  a posição de um objeto) e também a *identificação* (identificar  $x$  como a distensão de uma mola real), que naturalmente remete a certas *imagens*.

Uma terceira ideia principal é que, para investigar a tomada de decisão dos cientistas acerca da adequação ou não dos modelos (ou seja, realizar o julgamento, estabelecer o critério de validade), o autor apoia os métodos etnográficos<sup>68</sup>, comuns na antropologia (GIERE, 1988, p. 111-112 e capítulo 7) – este seria o que consideramos ser um segundo elemento naturalista. Quando isso não é possível, o autor recorre à história da ciência (GIERE, 1988, capítulo 8). Negando um critério epistemológico a priori, o autor afirma que os critérios podem variar de comunidade para comunidade, passíveis de serem investigados. A título de exemplo, no capítulo 7 o autor expõe a comparação entre um modelo baseado em Schrodinger e um em Dirac, para descrever o espalhamento elástico de prótons por volta de 1980. Giere (1988, p. 193-194) argumenta que a adequação empírica, embora importante, não foi um critério suficiente, em que discussões sobre o realismo e número de parâmetros livres também foram importantes, a depender do cientista.

Aprofundando nessas ideias por um outro caminho, notamos que Ronald Giere também se dedicou à educação científica. Durante um período de aproximadamente 30 anos,

---

<sup>68</sup> A etnografia se caracteriza por um trabalho de campo no qual o pesquisador possui um contato intenso e prolongado com a cultura do seu objeto de estudo (um laboratório ou uma aldeia indígena, por exemplo).

Giere lecionou um curso sobre raciocínio científico, e após os primeiros 10 anos publicou a obra *Understanding Scientific Reasoning* (GIERE, 2001, p.21), em que a 1ª edição foi publicada em 1979 e sua 5ª e última edição foi publicada em 2006. A obra é destinada a estudantes do final da etapa básica da educação, e visa ensinar a entender e avaliar o raciocínio científico por trás das “[...] descobertas científicas do tipo que se encontraria em uma revista popular, um jornal nacional ou uma revista de notícias. Isso requer apenas uma ideia muito geral do que acontece nos laboratórios. E não requer as habilidades necessárias para fazer pesquisas de laboratório.” (GIERE, 1991, p. 5, tradução nossa). Essa versão pedagógica da filosofia da ciência de Giere, não por acaso, tem em boa medida as mesmas preocupações do ensino de Natureza da Ciência que discutimos a partir da metade da seção 1.1.

Uma primeira forma de ensinar a compreender e avaliar o raciocínio científico, poderia ser a partir da reconstrução escrita do argumento, e com isso verificar se existe algum problema na dedução (em que se estabelece hipóteses, infere-se consequências e verifica-se na experiência se são verdadeiras ou não) ou na indução (em que se extrai da experiência afirmações verdadeiras e se busca a partir delas inferir uma generalização). Essa era a proposta das duas primeiras edições desse livro, que foi abandonada na terceira edição, publicada em 1991 (GIERE, 2001, p.21), mais coerente com a própria abordagem da obra filosófica de 1988 que discutimos há pouco.

Tanto a dedução quanto a indução possuem os problemas clássicos da filosofia, por exemplo: “como a constatação do particular valida a existência do geral?”. Por essa e outras razões, dentro da filosofia buscou-se outras abordagens. Similar à dedução, a inferência Bayesiana tomou bom espaço na filosofia da ciência. Nela, hipóteses iniciais possuem uma probabilidade, que são recalculadas a partir de novas evidências. Giere (1988) dedica o capítulo 6 a analisar essas diferentes abordagens e evidenciar suas insatisfações – muito numa dimensão empírica, trazendo estudos que indicam que os cientistas não seriam agentes bayesianos. Tentando uma abordagem mais adequada à ciência *real* (dentro dos limites da filosofia), Giere defende algo mais próximo da abordagem não-Bayesiana<sup>69</sup>: as hipóteses não recebem probabilidades, mas são julgadas aceitáveis ou não a partir de uma dimensão mais ampla – o planejamento do experimento, a implementação e a articulação delas com outras hipóteses e ideias mais amplas. O modelo, constituído por esse todo, nunca será julgado verdadeiro ou falso a partir de um resultado experimental, mas adequado ou inadequado. Chegar a uma conclusão deixa de ser um processo de inferência e passa a ser uma tomada de decisão (GIERE, 2001).

A nosso ver, o raciocínio científico é, por um lado, a racionalização da etapa de investigação, ao mesmo tempo em que nessa proposta evidencia certas características do conhecimento científico. Sendo assim, ainda que os estudantes não estejam fazendo a

---

<sup>69</sup> Em verdade, o modelo de Giere (1988) é uma apropriação e adequação das pesquisas sobre administração de Hebert Simons. Sim, ele *realmente* pega ideias de todos os lugares.

investigação científica, estão aprendendo sobre ela e sobre as características do conhecimento científico.

Essa abordagem de Giere parece ser promissora por diferentes razões. Primeiro porque fornece um lugar educacional melhor a proposta de ensinar sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. O nosso objetivo não é, no fim, que os estudantes consigam reproduzir a investigação com eletroscópio, porque o objetivo experimental é utilizar detectores mais modernos e o currículo, por uma questão de tempo, exige uma escolha. Ao mesmo tempo, do ponto de vista educacional, também não queremos que os estudantes interajam com fatos que não terão significado algum e muito menos que meramente os memorizem. Enxergamos nessa proposta a possibilidade de dar uma formação mais ampla, que por um lado permite aos estudantes terem um ponto de partida para chegar nos detectores e, por outro, desenvolvam uma habilidade que pode ter ganhos para além da etapa escolar. Eles aprendem *a* ciência e *sobre* a ciência.

O problema é que identificar esse episódio histórico a partir dessa abordagem não está dado – precisa ser construído. Apenas após essa construção é possível realizar uma versão didática dele. Para realizar essa construção, do ponto de vista histórico, abordaremos o contexto científico, ou seja, o contexto em que se produz o conhecimento, com cientistas que colaboram ou concorrem entre si, com semelhantes pressupostos teóricos e metodológicos – “Há um microcosmo comum que une esses atores.” (GURGEL, 2020, p.337). Mais especificamente, a nossa proposta se enquadra como histórico epistemológica, sendo que, dentre os três tipos possíveis encontrados na revisão de Feest e Sturm (2011), a nossa seria do terceiro tipo, que está situada no problema do “progresso científico”, analisado de forma tradicional ou naturalista. Faremos pouco uso explícito dos trabalhos originais, privilegiando fontes secundárias, ainda que eles tenham sido consultados.

## **4.2.2 – Estudo de caso: Início da Pesquisa em Raios Cósmicos.**

### **O contexto das radiações**

A partir de 1800, William Herschel protagonizou investigações sobre raios invisíveis reconhecidos hoje como radiação infravermelha (OLIVEIRA, R. SILVA, A. 2014). “A nomenclatura raio vem em alusão aos raios de luz, e está associada à descoberta das mais diferentes formas de propagação semelhantes a ela, mas com propriedades curiosas e completamente distintas.” (MILNITSKY, p.111 2018).

Além de fenômenos naturais, ocorreu a produção de fenômenos em laboratórios, sendo que o estudo dos raios começou a ganhar interesse mais sério a partir de 1850. Um primeiro grande avanço foi a partir da identificação realizada em 1876 por Eugen Goldstein: a partir do estudo sistemático da luz que aparecia nos tubos que continham gás rarefeito e

uma diferença de potencial, os raios emitidos pelo cátodo foram identificados como raios catódicos – esses mesmos raios que em 1897 seriam identificados como elétrons, por J.J. Thomson (KRAUGH, 1999, p.27).

Seja no laboratório ou fora dele, o período de 1895 a 1912 foi marcado por inúmeras pesquisas envolvendo a constatação e a caracterização de radiações. Mais especificamente, Kragh (1999, p. 37) pontua 12 radiações. Dentre as aceitas (5), rejeitadas (3), reinterpretadas (2), duvidosas (1) e incertas (1) até o ano de 1915, as que destacamos seriam os raios-N (rejeitada) e os raios cósmicos (incerta)<sup>70</sup>. De acordo com Klotz (1986), os raios N foram “descobertos” em 1903 pelo físico francês Blondlot, que estava imerso nas pesquisas com raios catódicos. Pesquisando sobre os raios N, os mais de 23 físicos atuantes (*ibid*, p.44), obtiveram visíveis evidências empíricas em termos de variações de escurecimento de placas (p.43), caracterizaram materiais em termos de transparentes ou opacos a sua passagem (p.45), mediram o comprimento de onda (p.45-46), dentre outras coisas – isso tudo de algo que, na verdade, não existe. Esse caso histórico curioso é explorado por diferentes autores<sup>71</sup>. Apenas o que queremos sugerir é que o contexto científico da pesquisa envolvendo radiações nessa época, não era, de forma alguma, isolado. A forma de investigar – incluindo técnicas, cálculos e interpretações – provocava influência mutua nas diferentes buscas por radiações - inclusive, na investigação dos raios cósmicos<sup>72</sup>.

Dando um passo atrás, algo central que estava no contexto das radiações foi – de modo simplificado - “descoberto por Henri Becquerel em 1896”: os sais de urânio emitiam radiação ionizante que era capaz de descarregar condutores eletricamente carregados<sup>73</sup> (BUSTAMANTE, p.2, 2013). Esse ponto é interessante, porque se constata que o fenômeno da radiação não somente é produzido por aparatos elétricos ou pelo Sol, mas também que existem substâncias no nosso planeta que espontaneamente emitem radiação. E ainda, esses raios eram capazes de aumentar a capacidade já conhecida de o ar conduzir eletricidade (BUSTAMANTE, p.2, 2013). J.J. Thomson e Rutherford realizaram estudos quantitativos da ionização do ar provocada pelos Raios X, sendo que a explicação dada é adequada ainda hoje: “os raios X rompem as moléculas neutras do ar e produzem íons positivos e negativos, capazes de conduzir eletricidade” (MARTINS, 2003, p.33 *apud* MILNITSKY, 2018, p.115).

Marie Curie encara o desafio de realizar investigações quantitativas da ionização do ar provocada por substâncias com urânio (MILNITSKY, 2018, p. 116). Com isso, encontrou substâncias compostas por urânio mais radioativas que o próprio urânio, criando-se então o conceito de radioatividade, caracterizado pelas emissões espontâneas de radiação por substâncias. Em 1898, Marie Curie e Pierre Curie identificam outras substâncias radioativas (polônio e rádio) – e é essa diversidade que trouxe relevância para a radioatividade (KRAUGH,

<sup>70</sup> Kragh (1999, p.36) sugere que a forma como a pesquisa em raios-N se desenvolveu não diferia fundamentalmente do começo da pesquisa em radioatividade ou raios cósmicos.

<sup>71</sup> Veja, por exemplo, as páginas 29-30 do livro *Knowledge and Social Imagery*, de David Bloor.

<sup>72</sup> Essa premissa está contida nos diferentes trabalhos de fonte secundárias, ainda que de forma implícita.

<sup>73</sup> Martins 1990 problematiza esse tipo de afirmação sobre o trabalho de Becquerel. Mas a título de simplificação, manteremos ela sem adentrar na polêmica.

1999, p.32). Em 1899, Rutherford notou a existência de dois tipos de radiação no Urânio, uma mais penetrante, que chamou de radiação beta, e uma menos penetrante, que chamou de radiação alfa (MARTINS, p. 15 e 16, 1990). Em 1901, já havia se identificado também os ultra penetrantes raios gama (KRAGH, 1999, p.32). Os estudos envolvendo radioatividade eram mais experimentais e exploratórios, e na primeira década do século XX havia muita confusão sobre eles. Se chegou a acreditar que todos os elementos eram radioativos, ainda que para alguns elementos fosse uma radiação fraca (KRAGH, 1999, p.32). Por outro lado, questões mais teóricas sobre a origem dessa radiação foram importantes para o avanço dos modelos atômicos, e mobilizaram esforços de alguns cientistas (KRAGH, 1999, p.33).

### Os instrumentos importantes para pesquisa em Raios Cósmicos

Em 1900, C.T.R. Wilson notou que o eletroscópio (cujas primeiras versões são do século XVI) é descarregado rapidamente quando colocado em contato com a atmosfera, sendo que esse descarregamento depende de fatores meteorológicos (MILNITSKY, 2018, p.118). O eletroscópio de Wilson já possuía certa sofisticação, conforme ilustra a figura 4.2: Uma caixa de metal com apenas uma abertura na lateral com um microscópio, tem uma tira de metal B suspensa e isolada por meio de um pedaço de enxofre ou âmbar S, e a ela se prende uma tira de folha de ouro L. Pelo ponto C é possível carregar o eletroscópio. Se o ar no interior da caixa for mantido seco utilizando cloreto de cálcio, o eletroscópio manterá sua carga por um longo tempo.<sup>74</sup>

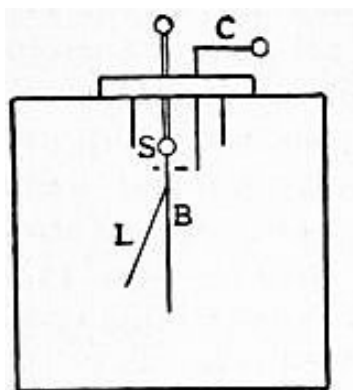


Figura 4.2 – Eletroscópio de Wilson – Fonte: en.wikisource.org: 1911 *Encyclopædia Britannica*/Electroscope

Vários cientistas trabalharam buscando aprimorar o eletroscópio, principalmente evitando que a radiação fosse emitida pelo próprio envoltório (caixa) (GIGLIETTO, 2011, p.4-5).

Foi em 1909 que uma versão mais sofisticada surgiu, denominada eletrômetro, associada a Theodor Wulf. Esse novo instrumento é mais sensível e mais transportável,

<sup>74</sup> Informações e imagem obtidas na wikisource: 1911 *Encyclopædia Britannica*/Electroscope



possibilitando medições em diferentes locais (ANGELIS, 2012, p. 4). Ilustrado na figura 4.3 (a), o eletrômetro substitui as duas folhas de metal por duas tiras de vidro metalizado (silício) em tensão. A direita, podemos notar um microscópio, em que o descarregamento é medido através da diminuição da distância entre os dois fios, com uma sensibilidade de 1 volt. As duas tiras são iluminadas através do espelho à esquerda (ANGELIS, 2012, p.5). Mais especificamente, o descarregamento era reportado como: “A carga perdida de 1 Volt por hora corresponde a uma taxa de ionização de  $q = 1,56 \text{ ions/cm}^3/\text{s}$ ” (HESS, 1911, p.1, tradução nossa). A unidade de comprimento corresponde ao “volume de ionização”, que variava para cada equipamento. O ponto A é por onde se carrega as tiras. Na figura 4.3 (b), temos uma imagem do eletrômetro utilizado por Wulf.

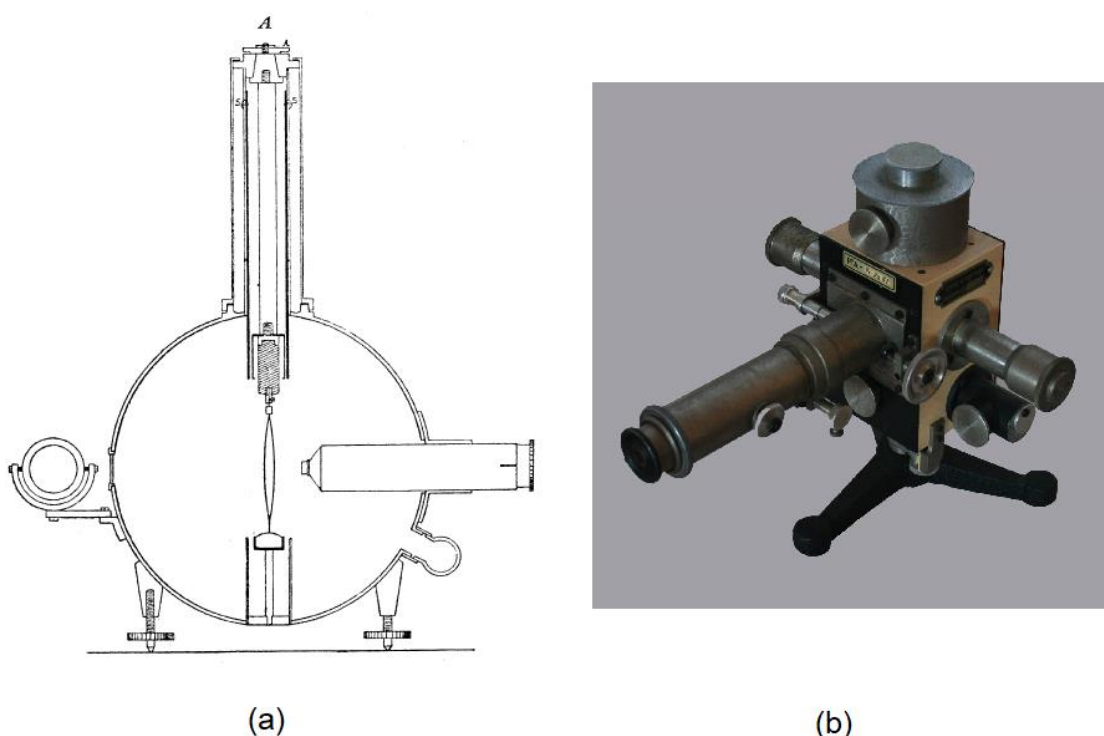


Figura 4.3 – (a) Ilustração esquemática do eletrômetro de Wulf e (b) imagem do eletrômetro utilizado por Wulf (coleção privada de R. Fricke) – Fonte: Angelis (2012)

Desde o início, os raios ionizantes eram tidos como causadores do descarregamento do eletroscópio nas condições em que se protege as folhas (ou tiras) e se reduz a umidade do ar. Na idealização desse sistema físico, sem a umidade do ar e sem os raios ionizantes, não haveria o descarregamento do instrumento. Também desde o início, haviam três hipóteses: os raios ionizantes são emitidos por materiais da Terra, os raios ionizantes são extraterrestres e os raios ionizantes são devido a uma reação no ar atmosférico. Cada hipótese deu origem a um tipo de representação, que foi sendo modificada conforme o desenvolvimento científico e, evidentemente, não se pode afirmar que cientistas que defendiam uma mesma hipótese possuíam uma mesma representação. Seria possível realizar

uma análise mais minuciosa, e assim inferir qual seria a representação de cada cientista. Entretanto, isso foge da pretensão do nosso trabalho. Apenas o que faremos é inferir o que seria um tipo de representação para cada uma dessas hipóteses, mesclando trabalhos de diferentes cientistas, focando naqueles que mais contribuíram.

## O desenvolvimento do modelo terrestre

O fracasso em eliminar o descarregamento a partir da “purificação” do envoltório e o contexto da radioatividade que apontava não só que materiais terrestres emitiam radiação, mas também a ideia de que toda substância poderia ser radioativa (ainda que fracamente), foi um dos maiores condicionantes para se pensar que a radiação era terrestre – mas provar isso não era nada fácil (GIGLIETTO, 2011, p.4-5). Por volta de 1910, as revisões dos cientistas Cline, bem como de Kurz, sistematizavam que não havia variação significativa no descarregamento de dia ou de noite, o que eliminava o Sol como fonte. E ainda, a atmosfera local provocava poucas variações. Cline sugeriu que a maior parte realmente viria do solo, enquanto que Kurz concluiu que a possibilidade de uma radiação extraterrestre era improvável (GIGLIETTO, 2011, p.4).

Nesse tipo de representação, Theodor Wulf é um dos cientistas mais importantes. Em 1909, o cientista alemão publicou um artigo intitulado “Sobre a origem da radiação gama na atmosfera” (tradução nossa). Nesse artigo ele investiga a relação entre a intensidade da radiação e a pressão atmosférica em três locais diferentes: Alemanha, Bélgica e Países Baixos, chegando ao resultado de que quanto maior a pressão atmosférica, menor é a intensidade da radiação. Sua explicação para isso é que a pressão atmosférica empurra a radiação pressionando-a de volta ao solo. Essa radiação seria gerada na superfície e até 1 metro abaixo. (HORANDEL, 2012).

Em 1910 ele realiza um outro experimento famoso, na Torre Eiffel. Ele supôs que a radiação ionizante era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Com as equações e o coeficiente de absorção da época, se estimava que no topo da torre ele deveria ser nulo (BUSTAMANTE, 2013, p.3). Como apontaremos futuramente, a expectativa da época era que, sendo emitidos do solo, em 100 metros, apenas 36% dos raios gama não teriam sido absorvidos pelo ar, em 160 metros, apenas 24%, e acima (por volta de 300 metros), toda radiação teria sido absorvida<sup>75</sup>. Utilizando um eletrômetro, o alemão coletou dados de diferentes horas e dias, e por um bom tempo esses dados foram considerados muito valiosos (GIGLIETTO, p.5, 2011).

Entretanto, contrariamente à previsão, Wulf chegou que a 300m o descarregamento diminuiu menos da metade. Apesar da incompatibilidade entre teoria e experimento, Wulf

---

<sup>75</sup> Seria interessante checar a previsão de Wulf no artigo original (em inglês intitulado: “*Observations on the radiation of high penetration power on the Eiffel tower*”), mas não conseguimos encontra-lo.

conjectura que a explicação mais provável para seu resultado intrigante ainda era a emissão do solo. (GIGLIETTO, p.5, 2011).

### **O desenvolvimento do modelo extraterrestre**

O próprio C.T.R. Wilson em 1900 sugeriu que a radiação ionizante teria origem extraterrestre (GIGLIETTO, 2011, p.4). Mas, novamente, construir um modelo consistente com os diferentes resultados era um desafio.

Domenico Pacini não apreciava a ideia de que os raios ionizantes eram terrestres. O italiano conduziu diversas pesquisas ao longo de 1907-1912, variando de ambiente, passando por montanhas e lagos (GIGLIETTO, 2011, p.5). “Na hipótese de que a origem das radiações penetrantes está no solo, uma vez que se deve admitir que são emitidos a uma taxa quase constante (pelo menos quando o solo não está coberto por precipitações remanescentes), não é possível explicar os resultados obtidos” (PACINI 1909 apud GIGLIETTO, p.5, 2011, tradução nossa).

Em 1910, Pacini realizou um inovador experimento no mar, em que colocando o eletrômetro numa caixa de cobre, media o descarregamento na superfície do barco e depois imergia esse equipamento há 3 metros de profundidade do mar, medindo o descarregamento nessa nova situação. Seus resultados apontaram que dentro do mar, perdia-se cerca de 20% do descarregamento. Isso era compatível com a previsão das equações/coeficiente de absorção da água do mar (GIGLIETTO, p.6, 2011). “[Parece] a partir dos resultados do trabalho descrito nesta Nota que existe uma causa considerável de ionização na atmosfera, proveniente da radiação penetrante, independente da ação direta de substâncias radioativas no solo.” (PACINI 1912 apud GIGLIETTO, p.6, 2011). Mas, como aponta Bustamante (2013, p.4):

“O trabalho de Pacini não foi levado em conta por seus colegas italianos e sequer foi além das fronteiras de seu país. Ele se sentia completamente isolado. Estava a par do que se fazia em outros lugares, mas apenas pelas publicações científicas, uma vez que não lhe era possível participar dos congressos científicos de então.”

Entretanto, é interessante notar que Hess (1911), por exemplo, cita o trabalho de Pacini, ressaltando que era importante verificar o que aconteceria em vôos com balões. Ao invés de olhar para a absorção, o desenvolvimento desse modelo veio através da busca pelo aumento da radiação. Supondo que fosse terrestre, A.S. Eve utilizando as equações da época, propôs que o decaimento deveria diminuir em 36% por volta de 100 metros. O austríaco-estadunidense Viktor Hess, desenvolvendo pesquisas na Alemanha, chegou ao mesmo valor (GIGLIETTO, p.8, 2011). Hess (1911) aponta que em 160 metros, só restariam 24% dos raios gama emitido pela crosta terrestre – e seriam esses raios gama que explicariam os resultados

de Wulf. Mas a partir dessa altura, eles seriam absorvidos totalmente pelo ar e deixariam de ser significativos. Portanto, parece ser plausível existir uma outra fonte também (além da terrestre).

Entre 1909 e julho de 1911, **Albert Gockel** (e também Karl Bergwitz) realizou vários experimentos com balões, chegando a altitudes de 4500m, mas sem resultados conclusivos. Ziegler (1989) ao longo do artigo discute o quão inserido estavam os voos com balões naquele contexto, não apenas científico. A ideia era simples: se a radiação é extraterrestre, quanto mais alto subimos, mais o descarregamento deve aumentar (porque menos a radiação seria absorvida pelo ar). Já se ela for terrestre, se espera o efeito contrário.

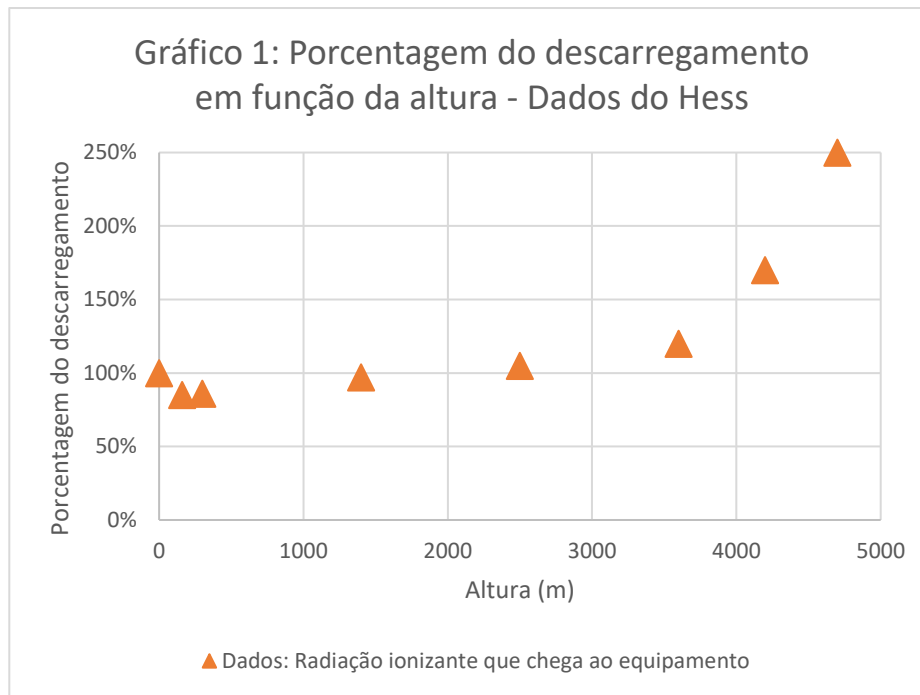
No verão de 1911, Hess leu os trabalhos de Wulf e Gockel, e estava convencido que os experimentos com balões tinham **problemas instrumentais** (ZIEGLER, 1989, p.948). Trabalhando com os engenheiros Gunther e Tegetmeyer, Hess buscou melhorar o eletrômetro. Em agosto de 1911 ele realizou um experimento com balão até 1070m. (ZIEGLER, 1989, p.949). O resultado era praticamente o mesmo do solo. A partir desse experimento, Hess afirmou “pode-se imaginar que uma radiação gama cósmica... penetra na atmosfera: uma suposição, no entanto, que não considero provável.” (HESS, 1911 apud ZIEGLER, 1989, p.949). Em 1912, Hess tomou quase uma centena de medidas (BUSTAMANTE, p.5, 2013).

“(I) Imediatamente acima do solo, a radiação total diminui um pouco. (ii) Em altitudes de 1000 a 2000 m, ocorre novamente um crescimento notável de radiação penetrante. (iii) O aumento atinge, em altitudes de 3.000 a 4.000 m, já 50% da radiação total observada no solo. (iv) Em 4000 a 5200 m, a radiação é mais forte [mais de 100%] do que no solo ” (HESS, 1912, apud GIGLIETTO, p.7, 2011, tradução nossa)

Em Hess (1911) é possível ver várias dessas medidas. Podemos, por exemplo, pegar os dados do 7º voo. Hess (1911) publica uma tabela em que, a cada altura, associa uma taxa de ionização  $q$  dada em  $ions/cm^3/s$ . Nesta tabela, há três dados medidos em tempos diferentes quanto a radiação na altura 0 (ou seja, com a distância relativa entre o “solo” e o equipamento no balão igual a 0). Realizando uma média entre esses três valores, e estabelecendo essa média como a referência (ou seja, que esse valor corresponde a 100% da radiação ionizante), podemos comparar cada valor da taxa de ionização com esse valor de referência, em termos de porcentagem. Desse modo, ao invés de falarmos em descarregamento, podemos supor que essa porcentagem é, no fundo, quanto a radiação ionizante que chega ao equipamento<sup>76</sup>. Assim, produzimos o gráfico 1 a seguir:

---

<sup>76</sup> Falar de radiação ao invés de descarregamento parece ser mais simples de compreender – algo que é valioso do ponto de vista didático.



A conclusão de que a radiação é extraterrestre foi confirmada pelo alemão Werner Kohhörster entre 1913-1914, chegando a altitudes de até 9300m (KRAGH, 1999, p.37).

“Hess concluiu que o aumento da ionização com a altura deve ser devido a uma radiação vinda de cima, e ele pensou que essa radiação era de origem extraterrestre. Ele também excluiu o sol como a fonte direta dessa radiação penetrante hipotética por causa da ausência de variação diurna / noturna. Hess finalmente publicou um resumo de seus resultados no *Physikalische Zeitschrift* em 1913. um artigo que atingiu o grande público” (GIGLIETTO, p.7, 2011, tradução nossa.)

### **O desenvolvimento do modelo atmosférico**

Desde o início do século XX, após diferentes tentativas de eliminar o descarregamento através de mudanças no envoltório, surgiu a hipótese de que a radiação ionizante pudesse ter origem no próprio ar.

“Na impossibilidade de anular a condutibilidade do ar em um espaço fechado, alguns chegaram a falar não de raios, mas de “ionização espontânea do ar”, “espécie de fermentação interior das moléculas”; “elas explodiriam por si mesmas de vez em quando, dando origem a partículas positivas e negativas”. Mais precisamente, tratava-se de “choques excepcionais de moléculas” cuja velocidade relativa era bastante grande e, conseqüentemente, a

energia cinética era suficiente para ionizar uma molécula.”  
(BUSTAMANTE, p.2, 2013)

Entretanto, na França, por volta de 1900, Paul Langevin (1872-1946) – que se especializou na física dos íons após uma temporada no laboratório Cavendish, Inglaterra, em que C.T.R. Wilson fazia suas pesquisas – calculou o número de choques e mostrou que eles eram raros demais para explicar a ionização observada. (BUSTAMANTE, p.2, 2013)

Após os experimentos conduzidos por Viktor Hess, uma parcela significativa dos cientistas já acreditava que os raios cósmicos tinham origem extraterrestre. Entretanto, ainda haviam dissidentes. O próprio Gockel em 1916 desconfiava dos dados de Hess (ZIEGLER, 1989). Em 1920:

“[...] os cientistas tinham três opiniões: Alguns aceitaram os dados de Hess-Kolhörster como evidência de que a radiação extraterrestre provavelmente existia. Outros acreditavam que os dados eram válidos, mas poderiam ser mais bem explicados em termos de **radioatividade estratosférica**. E **outros ainda acreditavam que os dados eram falsos**. A última visão foi reforçada pelo trabalho nos **Estados Unidos**.” (ZIEGLER, 1989, p.953, tradução nossa, grifo nosso.)

O estadunidense Robert Milikan conduziu uma série de experimentos com balões entre 1922-1923, e ficou convencido de que não havia radiação cósmica nem radiação terrestre (KRAGH, 1999, p.37; ZIEGLER, 1989, p.956). A alternativa sugerida por ele é que os raios ionizantes teriam origem atmosférica, por algum fenômeno que ocorre nas camadas mais elevadas. Em 1925, Milikan e Cameron realizaram experimentos investigando se podia ser atmosférico e chegaram num resultado negativo (ZIEGLER, 1989, p.956)

Em 1926, Millikan e Bowen publicam o artigo “Raios de alta frequência de origem cósmica”, na qual reveem seus resultados e afirmam que a discrepância com os resultados de 1910-1914 é por problemas instrumentais da época (ZIEGLER, 1989, p.957). O debate entre Milikan e Hess perdurou até por volta de 1930, chegando-se à conclusão de que a latitude afeta as medições.

### **Considerações finais**

O discurso do Nobel dado a Viktor Hess, proferido em 1936 por H. Pleijel, provoca a manutenção do discurso do experimento crucial.

“[A] pesquisa foi feita em toda a natureza por substâncias radioativas [por vários cientistas]: na crosta da Terra, nos mares e na atmosfera; e ... o eletroscópio foi aplicado. Raios radioativos foram encontrados em toda parte, sejam as investigações feitas nas águas de lagos profundos ou em altas montanhas. ... Embora

nenhum resultado definitivo tenha sido obtido a partir dessas investigações, eles mostraram que a radiação onipresente não poderia ser atribuída à radiação de substâncias radioativas na crosta terrestre ... O mistério da origem desta radiação permaneceu [no entanto] **sem solução até O Prof. Hess fez disso seu problema.** ... Com excelente habilidade experimental, Hess aperfeiçoou o equipamento instrumental usado e eliminou suas fontes de erro. Com esses preparativos concluídos, Hess fez uma série de subidas de balão... A partir dessas investigações, Hess concluiu que existe uma radiação extremamente penetrante vinda do espaço que entra na atmosfera da Terra.” (GIGLIETTO, p.8, 2011, tradução nossa, grifo nosso)

Ao longo da história, percebemos que a adequação empírica não era o único critério dos cientistas, principalmente por envolver a inferência de uma causa – ainda que existam os dados (que muitas vezes estavam sendo contestados), há diferentes inferências possíveis, cuja representação adotada depende de uma série de motivações, nem sempre evidentes. A disputa de prioridade pode ser colocada nos seguintes termos: em que momento os cientistas deveriam ter decidido pelo modelo da radiação extraterrestre? É possível argumentar desde os experimentos no mar conduzidos pelo italiano Pacini, passando por Hess e chegando a Millikan.<sup>77</sup>

### 4.3 – Os desafios do planejamento

Finalmente estamos em posição de construir o nosso método para elaborar a SEA. O método foi pensado de tal forma que considerasse desafios gerais (quanto às questões da área e às questões meta da SEA), bem como desafios contextuais (acerca do próprio tema e como ele é tradicionalmente desenvolvido). Eles foram discutidos, respectivamente, nos capítulos 3 e 2. Sintetizando-os, temos:

- **(A)** Como organizar a colaboração entre professores, pesquisadores de física e de ensino, de forma a potencializar a contribuição dos mesmos, sobretudo dos professores, de forma a considerar os fatores contextuais (seção 3.2.4), atentando-se às dificuldades e a forma como tradicionalmente se procede em projetos de raios cósmicos (cap. 2)?
- **(B)** Estabelecido os referenciais, como os princípios de design (isto é, uma síntese desses referenciais) contribuem para o design **deste conteúdo científico?** (seção 3.2.1)

---

<sup>77</sup> Certa vez, em um congresso que apresentei essa abordagem, um pesquisador mencionou que para analisar a tomada de decisão dos cientistas nesse contexto seria importante considerar a diferença entre o contexto científico europeu e estadunidense nesse período. Futuros trabalhos podem explorar esse ponto.

- (C) Quais são os conhecimentos *necessários* para elaboração de uma SEA? (seção 3.0 & 3.2.1)
- (D) Como explicitar e justificar as escolhas realizadas? (seção 3.2.4)
- (E) Como estabelecer guias bem delimitados sobre a implementação, dado o conteúdo científico dessa SEA? (seção 3.2.4 & capítulo 2).

### 4.3.1 – Sobre o professor implementador

Devido ao fato de a FMC não fazer parte do cânone dos conteúdos ensinados na educação básica, o próprio repertório epistêmico e pedagógico do professor é, a princípio, um problema. Contrastando com inovações curriculares de física clássica, inovar com FMC é ainda mais disruptivo. Não são apenas transformações nas práticas do professor, mas no próprio conteúdo didático científico. Quando se trata de raios cósmicos isso é ainda mais eminente, porque é um tema incomum não apenas na tradição de ensino de FMC, mas também na graduação em física. Embora raios cósmicos façam parte da física de partículas, eles quase nunca são abordados. Se faz importante que os professores que lecionem a sequência tenham uma formação prévia. Embora o que é **suficiente** seja incerto, a forma como comumente o tema é tratado nos projetos de raios cósmicos dão pistas do que parece ser **necessário**.

Tendo isso, um membro do CELESTE, que é professor do ensino médio da rede estadual, se encarregou de desempenhar o papel de **professor implementador**. Ele seria o principal responsável por lecionar as aulas elaboradas. Esse professor participou das seguintes situações, que ocorreram ao longo de aproximadamente 5 meses:

- **Convite inicial:** exposição através de slides da proposta de pesquisa, abordando a fundamentação teórica em linguagem apropriada.
- **Curso de formação continuada:** participação em um curso com duração de 4 sábados com uma carga horária de 16 horas, ofertado através do USP Escola. Detalhes sobre esse curso podem ser encontrados no Apêndice B.
- **Participação nas reuniões de projeção e construção do detector e softwares.**
- **Participação nas reuniões pedagógicas** (detalhadas na seção 4.4).

Esse professor implementador também ficou responsável por organizar as turmas na qual a SEA seria implementada. Apesar do problema de tempo disponível, pois sabemos que professores são sobrecarregados com a carga horária do trabalho, e da consequente dificuldade em dar uma formação mais profunda, ao longo do processo objetivamos que o professor desenvolvesse uma práxis educativa. Assim como Pessanha (2023, p. 47), reconhecemos que “A práxis educativa envolve a indissociabilidade entre teoria e prática e a conscientização sobre essa indissociabilidade como um pré-requisito para pensar e colocar em ação transformações educacionais e didáticas.”



## 4.4 – Nosso método

Como discutido no capítulo 3, a etapa de preparação é um processo holístico, cheio de idas e vindas. Partindo de certas premissas, construímos a versão final de cada etapa, que são apresentadas ao longo da dissertação. Não descreveremos aqui o processo evolutivo<sup>78</sup>. Em vez disso, comentaremos os elementos-chaves que propiciaram essa evolução.

### 4.4.1 – Estratégias para o Design: Desafios (B) e (C)

Denominamos de Estratégias para o Design um documento cujo objetivo é **auxiliar os pesquisadores durante o design**. Ele é constituído de duas partes. Na primeira parte, busca-se tecer relações entre os princípios de design. Isso implica não somente sintetizar as contribuições mais importantes de cada referencial (isto é, estabelecer os princípios de design), mas também tentar conectá-los. Para além do conhecimento *necessário*, advindo dos referenciais, deve-se manifestar também o conhecimento *contingente*, originados durante o *design*, bem como de outras aplicações da SEA. Deve-se explicitar se esse conhecimento é *necessário* ou *contingente*, para evidenciar o processo de mudança e as contribuições efetivas dos professores para o design (seção 3.2.4). Além disso, deve-se tentar ao máximo conectar toda essa discussão com o conteúdo científico.

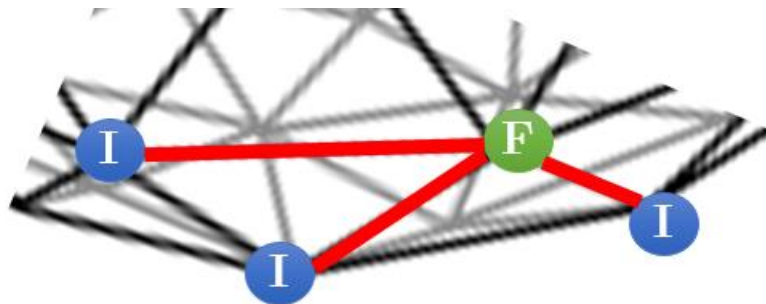
Na segunda parte, uma nova articulação é realizada – dessa vez, visando a contribuição dessa discussão para elementos específicos. Entretanto, diferentemente do que faz Tiberghien, Vince e Gaidioz (2009), a contribuição não é para pensar conceitos mais abstratos da sala de aula (conhecimento, ensino e aprendizagem), mas sim contribuir para ações que efetivamente são realizadas durante o *design*. Evidentemente, os conceitos abstratos e as ações estão conectados, mas o que está em jogo é uma disputa de prioridades entre o abstrato e o empírico. As ações concretas seriam:

**Escolha do fim e do início:** dois pontos centrais no caminho percorrido por uma SEA são o fim e o início. Eles são determinados a partir da versão inicial dos objetivos de aprendizagem (que por sua vez, dependem dos princípios de design, mas não somente). Curiosamente, numa SEA o fim deve vir antes do início, sendo este último um dos grandes desafios: como encontrar qual o ponto de partida com a menor geodésica<sup>79</sup> até o fim (ver figura 4.4)?

---

<sup>78</sup> A título de curiosidade, a SEA nasce com a premissa do detector de múons como conteúdo científico e como objetivos de aprendizagem abordar a ciência e sobre a ciência. Com base nisso, se buscou referenciais para os princípios de design, que inicialmente envolveu referenciais como Bachelard, o que constitui uma explicação e a transposição didática de Chevallard – mas que foram adaptados, substituídos ou excluídos por preferência dos autores ou por notar que a parte teórica estava muito inflada/mal articulada.

<sup>79</sup> O caminho mais curto entre dois pontos. Por uma questão de tempo, é necessário minimizar o trajeto.



**Figura 4.4** – Representação dos diferentes inícios que podem levar ao fim. Fonte: elaborada pelo autor.

**Orquestra:** A simplicidade da representação na figura 4.4 esconde que um mesmo caminho pode ser percorrido de diferentes formas.<sup>80</sup> Assim como numa orquestra existem uma série de instrumentos em que em alguns momentos certos instrumentos tem mais protagonismo do que outros, numa SEA os *designers* devem agir como um maestro e reger **no que se deve dar ênfase durante esse caminho**, de forma ainda que se faça uma conexão entre as diferentes partes, **articulando-as**. Nesta parte deve-se então estabelecer as contribuições para os *pesquisadores* pensarem como o caminho deve ser percorrido. Mas é importante frisar que delimitações muito específicas podem fracassar, por falta de adesão. É positivo haver espaço para a liberdade criativa, seja durante o design ou para a aplicação do que se produziu no design.

**Indicação de conteúdo:** A indicação de conteúdo surge principalmente como conhecimento contingente, produzido durante o *design* ou durante o *redesign*. Por diferentes razões, um determinado conteúdo pode ganhar relevância para um grupo, se tornando uma das ‘paradas’ que deverão ser efetuadas durante o caminho.

**Elaboração de atividades:** As atividades são momentos que caracterizam uma SEA, envolvendo mudanças significativas nas ações de professores e estudantes. Elas buscam cumprir certos objetivos, ao mesmo tempo que são um meio para avaliar se eles foram atingidos. Portanto, essas sim devem possuir prescrições mais restritas sobre o papel das pessoas na sala de aula.

**Construção de Cenários:** o conceito de *cenário* é bem desenvolvido pelo grupo de Lijnse e Klaassen (2004). Para este grupo, esse conceito ganha um significado bem específico, em que, a escrita do material didático é encarada quase como a proposição de uma teoria (que deve ser testada e revisada). Nesta ‘teoria’ se constrói cenários em que se prevê e justifica o processo de ensino-aprendizagem, analisando o conteúdo a ser ensinado e buscando interpretar as atividades a partir do olhar dos estudantes, dando bastante ênfase ao papel do professor para fazer as coisas ‘funcionarem’. Nem toda SEA *deve* criar cenários com esse significado específico. **Mas há algo nesse conceito que é importante:** encontrar

<sup>80</sup> Essa postura converge com Lijnse e Klaassen (2004), que apontam que para um mesmo tópico e com objetivos razoavelmente delimitados, ainda sim é duvidoso se existe ‘A melhor forma de ensinar’, mas sim que algumas formas são melhores do que outras.

e explicitar possíveis problemas que os alunos poderão ter, munindo o professor de recursos para lidar com esses problemas. Aqui é um espaço perfeito para o enriquecimento da SEA a partir do redesign, analisando as experiências anteriores.

Dadas essas cinco ações, não se espera que esse documento as determine, uma vez que elas *também* dependem do conteúdo científico, dos objetivos e do próprio modo de conduzir a realização do design, mas que manifeste contribuições efetivas para elas. Desse modo, não há uma área de conhecimento que seja *necessária* para uma boa SEA (por exemplo, compreender ‘*profundamente*’ como os estudantes aprendem, que pode ser tido como parte da psicologia), mas sim que exista contribuições para pensar cada uma dessas ações.

#### 4.4.2 – Organização da colaboração: Desafios (A), (D) e (E)

Tornar a colaboração possível requer considerar certas tradições. Nelas existem implicitamente tipos de conduta dos participantes, hierarquias, modos de pensar/agir comuns, etc. Por parte da SEA, algumas “regras” a serem destacadas é a participação dos professores e a valorização de sua contribuição (ver seção 3.2.4), bem como a participação dos próprios pesquisadores em ensino de ciências. Por parte dos projetos de Raios Cósmicos, a participação de cientistas, a importância do próprio detector e de certas atividades envolvendo seus dados. Ainda que todos esses elementos estejam conectados pela disciplina (no caso, física), no que tange aos indivíduos (professores, pesquisadores em ensino e em física), cada identidade é formada por outros diferentes elementos que podem criar certas tensões durante a colaboração.

Durante o *design* o tempo de dedicação é um elemento crucial. Como fazia parte da nossa pesquisa, inevitavelmente éramos os maiores interessados e mais disponíveis na produção da SEA. Por outro lado, embora exista uma certa “tradicional versão escolar” de como utilizar os detectores (manifestadas pelos projetos mundo afora), curiosamente, o tema de raios cósmicos para além do detector não tem tradição. Isso implica que as atividades com os detectores carecem de um início e de um fim.

Foi pensando nisso que o design foi organizado da seguinte maneira: inicialmente, os pesquisadores preparam o **documento de apresentação**, que já contemplava certas expectativas do projeto de Raios Cósmicos e do texto curricular. Neste documento, escreve-se em torno de uma folha para cada aula, que contém uma apresentação, que consiste em argumentar porque aquela aula é importante, os objetivos de aprendizagem (em tópicos) e os momentos da aula, que consiste em fragmentar a aula em torno de cinco partes, indicando o que deve acontecer. É nesse documento também que se reflete sobre a interconexão entre as aulas. Elaborada uma primeira versão deste documento, ele é então levado à discussão com um grande grupo, que contém professores e pesquisadores em física.

Após esse processo, se elabora um segundo documento, que consiste em um **material didático para o professor**, que explicita os momentos da aula, contendo o que se espera que

seja ensinado e em que nível de profundidade. Cada aula desse documento é discutida em reuniões com o grande grupo.

Entretanto, diante da falta de tempo e dos desafios do próprio tema, durante essas discussões há um grande risco de os professores não assumirem protagonismo, o que minimizaria suas contribuições. Além disso, os próprios pesquisadores em física poderiam se sentir constrangidos em opinar, uma vez que é um produto inicialmente feito por pesquisadores de uma outra área.

Pensando nesses aspectos, antes das reuniões, pensávamos em possíveis problemas para serem discutidos – problemas que poderiam ser solucionados por fatores contextuais ou por intuição didática, como por exemplo: “Essa profundidade está adequada ou inadequada?”, “Qual recurso poderíamos utilizar para ensinar melhor tal conceito?” e “será que os estudantes se interessariam por isso?”. Eventualmente, algumas contribuições são o que consideramos como *conhecimento contingente*, que é expresso também nas *estratégias de design*.

Ao final, tem-se o *documento de apresentação* (que justifica brevemente cada aula e estabelece coerência para a sequência), o *material didático do professor* (que explicita o que se espera que seja ensinado) e as *estratégias de design*. Esse último ao mesmo tempo que é base para a construção dos dois primeiros, também os justifica, podendo ser utilizado para avaliar as decisões da SEA – porque realizar tal atividade dessa maneira, porque explicar dessa forma, porque utilizar essa sequência. Mas ele não justifica microdecisões, pois é pouco prático e, possivelmente, pouco útil (“Por que usou essa cor e não outra? Por que utilizou essa palavra e não outra?”). Não há previamente um critério claro de o que é uma decisão e o que é uma microdecisão. Mas elas podem ser separadas ao refletir qual seria a diferença se a decisão tivesse sido essa e não outra. Se for pouco relevante, é uma microdecisão.

## 4.5 – Estratégias de Design: Versão Final (1º Design).

Uma das grandes potencialidades de projetos contemporâneos que imergem os participantes na prática científica é a possibilidade de ensinar **a** ciência e **sobre** a ciência. Para a nossa SEA, elencamos três ênfases para explorar a Física de Partículas (FP) centralizada em um detector de raios cósmicos<sup>81</sup> (GURGEL, 2020, p. 334-335), defendendo-

---

<sup>81</sup> Nessa SEA, trataremos a pesquisa em raios cósmicos como parte da Física de Partículas. Embora essa proposição necessite ser melhor discutida, a parte de raios cósmicos ao qual nos referimos (chuveiro de raios cósmicos, detecção de partículas) está bem conectada com a Física de Partículas.

as como constituintes de um currículo, exercendo o papel de promover o engajamento com o conhecimento (YOUNG, 2011)<sup>82</sup>.

- **Epistemológica-Conceitual:** valoriza as explicações científicas, situando as entidades envolvidas bem como os conceitos.
- **Filosófica-Cultural:** discute sobre as características das ciências, propondo reflexões sobre a prática científica, suas relações com a filosofia, artes, literatura, religiões e etc.
- **Habilidades Científicas:** trabalha a formulação de hipóteses, a interpretação de dados científicos, e afins, sendo habilidades que podem contribuir para a vida cotidiana.

Por outro lado, é evidente que esse conhecimento numa versão escolar não pode ser o mesmo da comunidade científica. As dificuldades são tantas que, para alguns, não somente o conhecimento deve ser simplificado, mas também passar por transformações, sendo um conhecimento que precisa atender tanto a “ciência” quanto a “sala de aula” (BROCKINGTON & PIETROCOLA, 2005).

Pietrocola e Gurgel (2017), baseados no filósofo Gaston Bachelard, propõem que os obstáculos para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) podem ser de duas naturezas. Os *obstáculos didático-epistemológicos* (ODE) se evidenciam a partir da constatação de que a física clássica é um conhecimento construído em boa parte com fenômenos do cotidiano, enquanto que a FMC surge da exaustão das ideias clássicas. Nesse sentido, os autores propõem quatro tipos de ODE, que destacamos e interpretamos os:

- **Fenomenológicos:** os fenômenos da FP se situam na intersecção entre o muito rápido e o muito pequeno, que, em condições normais, no máximo permitem demonstrações experimentais simples, esboçando aspectos qualitativos, com pouca similaridade com a prática científica. Experimentos com detectores de raios cósmicos desafiam esse problema.
- **Estrutura conceitual e Base ontológica:** os conceitos da FP, bem como suas entidades, violam ideias comuns e por vezes são contraintuitivos. Partículas virtuais, antimatéria, confinamento e quantização do campo são apenas alguns exemplos. Visando lidar com isso, normalmente se opta por dois caminhos: o de ignorar e restringir o ensino a uma taxonomia das partículas (que tem pouco valor e deixa um vácuo que será preenchido pelas concepções espontâneas dos próprios estudantes (e.g. GHIDINI *et al*, 2021)), ou de se restringir a analogias e representações “corretas”, cuja linguagem é bem compreendida por parte dos cientistas, mas que provocam concepções incorretas nos estudantes, como os quarks enquanto “blocos de construção” e os Diagramas de Feynman como

---

<sup>82</sup> conforme discutido no capítulo 3:

visualização das interações como troca de partículas (GHIDINI et al, 2021; PASSON; ZÜGGE; GREBE-ELLIS, 2019).

Pietrocola e Gurgel (2017) também apresentam os *obstáculos didático-pedagógicos* (ODP), apontando que o ensino da Física Clássica é fruto da *transposição didática* validada por um processo histórico. Nesse cenário, os autores sugerem 4 tipos de ODP, que destacamos e interpretamos os:

- **Tipos de atividades propostas/avaliação:** a física clássica sugere quais são os tipos de atividades que “funcionam” para ensinar física – em resumo, resolução de problemas fechados. Dada sua predominância, elas também determinam como se deve avaliar o aprendizado dos estudantes. Essa tradição implica em obstáculos para o ensino de um novo tema, que são agravados quando se dão ênfases diferentes da “formulista” (ZANETIC, 1990). Certos textos, questões conceituais e certas dinâmicas em grupo são tidas como objetos estranhos ao ensino de física.
- **Hierarquia conceitual:** acredita-se que conceitos mais simples devem preceder os mais complexos, de forma que o mais recente é o mais complexo e é dependente do mais antigo, que é o mais simples<sup>83</sup>. Dessa forma, por exemplo, nunca se chegaria a ensinar FP, uma vez que os estudantes não podem aprender o átomo como formado por quarks se não passarem pelo átomo de Thomson, Bohr, etc. Não que não exista certa dependência conceitual, mas o desafio é encontrar qual o ponto de partida com a menor geodésica<sup>84</sup> até o que se quer ensinar.

Quanto a dificuldades envolvendo projetos com detector de raios cósmicos, a dissertação de Osinga (2014) sugere que após experiências de ensino do projeto HiSPARC (que é semelhante ao que ocorre em outros projetos), os estudantes não são capazes de explicar o que são Raios Cósmicos (apontando apenas que a origem é do Sol), não compreendem adequadamente as tecnologias do detector HiSPARC e a participação dos estudantes no projeto não contribuiu para compreenderem a metodologia da ciência, conforme discutimos no capítulo 2 (em que também refletimos acerca de até que ponto essas conclusões são válidas).

Tendo isso, para trabalhar as três ênfases, além desses obstáculos e dificuldades, também deve-se ter atenção quanto a base epistemológica, que na área de ensino se tornou quase sinônimo de “abordar a Natureza da Ciência (NdC)”. Diante do leque de possibilidades, um bom caminho parece ser o das abordagens baseadas em modelos. Em nossa perspectiva, a NdC não deve estabelecer nenhuma característica que os estudantes devam aprender

---

<sup>83</sup> A graduação em física fornece bastante exemplos de como problemas de física clássica podem ser tão complexos quanto se queira.

<sup>84</sup> O caminho mais curto entre dois pontos.

explicitamente, mas servir como base para o processo de didatização, sendo o que se convencionou denominar abordagem implícita<sup>85</sup>. Tendo isso, optamos pela proposta do filósofo Ronald Giere.

Filósofos da tradição modelista, consolidada a partir de 1970, tendem a concordar que a principal tarefa dos cientistas é a elaboração de modelos (DUTRA, 2013). Para Giere (1988), um modelo é uma *representação* de alguma coisa. Especificando para o caso da física, essa alguma coisa pode ser uma mola, um pêndulo ou um rastro de partícula e, em geral, o modelo é carregado de idealizações. Naturalmente, o modelo envolve entidades linguísticas (como termos gerais, equações) e não linguísticas (gráficos, imagens, e etc.). A relação entre o modelo e a coisa representada é realizada através de hipóteses (entidades linguísticas, que podem ser verdadeiras ou falsas). Essa relação não é de isomorfismo<sup>86</sup>, mas de similaridade, que depende em especificar qual é o aspecto relevante e em que grau, servindo para determinar se o modelo e a coisa são ou não similares.

Para o caso da FP, é interessante notar que a representação é construída principalmente a partir de inferências – a própria observação das partículas pressupõe uma interação das mesmas com um detector. Apesar disso, essas inferências são suportadas por uma rede de hipóteses bem testadas ao longo do último século e tidas como verdadeiras. Um outro aspecto a ser destacado é que, dada a possibilidade de diferentes critérios para avaliar um modelo, nem sempre um modelo mais “robusto teoricamente” se faz necessário. Por exemplo, para se discutir a interação de um múon com o detector, não é necessário/adequado – nem para os cientistas – analisar essa interação como troca de partículas.

Para Giere (1988), os modelos são muito presentes nos livros didáticos. Neles, há um conjunto de modelos e são eles que, fundamentalmente, formam os físicos. É comum que existam postulados, definições e, principalmente, exemplos. Os exemplos carregam idealizações importantes, que tornam um problema complexo factível de ser solucionado, e servem como guia para resolver problemas semelhantes – como, por exemplo, o sistema massa-mola é um exemplo de oscilador harmônico. Em outras palavras, os modelos podem ser também *exemplares*.

Os modelos abordados até agora são chamados de *modelo teórico*. Além dos aspectos citados, esses modelos também possuem *interpretação* (ou seja, associa-se um dado símbolo

---

<sup>85</sup> Há volumosa literatura contrária a abordagem implícita, especialmente os defensores da “Visão Consensual”, como Lederman (2007) e McComas & Clough (2020), que usam argumentos empíricos acerca do aprendizado dos estudantes, afirmando que não ocorre na abordagem implícita. Entretanto, a discordância com esses autores ocorre numa esfera anterior, acerca de o que e por que ensinar NdC, conforme discutido no capítulo 3.

<sup>86</sup> Isomorfismo implica uma relação de um para um entre os elementos do representante (por exemplo, o modelo) e a coisa representada (um fenômeno). Dessa forma, todos os elementos da coisa representada teriam que ter um correspondente no modelo, o que, quase sempre, não acontece.

a um termo geral, como o  $x$  a posição de um objeto) e também a *identificação* (identificar  $x$  como a distensão de uma mola real). Entendemos a interpretação e a identificação como buscas de *dar significado* a elementos do modelo, mas com uma distinção *metodológica* entre ambas.

Para o caso do ensino médio, notamos que a FP não possui uma didatização bem definida, e um dos fatores marcantes que destoa da física clássica é a ausência de “exemplares” para esse nível de ensino. Entretanto, esse último ponto não é negativo para as ênfases que pretendemos trabalhar. O nosso foco, ao lidar com os modelos, seria discutir qual é a *interpretação* e a *identificação* de alguns elementos dos modelos.

Uma das discussões aprofundadas por Giere (1988), é acerca da decisão dos cientistas por um modelo A em detrimento do modelo B. Negando qualquer critério epistemológico a priori, e tomando o conhecimento científico como um fenômeno natural (naturalismo), o autor afirma que os critérios podem variar de comunidade para comunidade, passíveis de serem investigados<sup>87</sup>. Para isso, o autor sugere os tradicionais métodos da filosofia e história (que consiste em analisar os escritos), mas também tonificados com a abordagem etnográfica, através de observações e entrevistas (que, naturalmente, só podem ocorrer para conhecimentos bem contemporâneos). Um episódio que pode ilustrar esse processo é o do início da pesquisa em raios cósmicos, na qual os cientistas tiveram de decidir entre diferentes modelos para explicar o descarregamento do eletroscópio – dentre eles, que a radiação ionizante era extraterrestre, terrestre ou do ar.

Em sua obra de 2006, Giere deixa claro que as hipóteses não são uma comparação direta com o mundo, mas com o que o autor denomina de *modelo de dados*, originados da atividade experimental. A grande diferença entre o *modelo de dados* e o *modelo teórico* é metodológica. Na física de partículas, em boa parte dos casos, o modelo teórico antecede o modelo de dados. Isso se manifesta para o caso das partículas em que todas, com exceção do múon<sup>88</sup>, já possuíam formulação teórica antes do experimento. Mas por vezes, esses dois tipos de modelos se intercalam temporalmente e servem de alavanca para o progresso da área. Como, por exemplo, a segunda quantização<sup>89</sup> ganhou notoriedade a partir do sucesso da eletrodinâmica quântica. Isso porque a previsão do valor do momento magnético do elétron obtida com a eletrodinâmica quântica possui uma incrível compatibilidade com os valores experimentais. Essa comparação é feita periodicamente com o avanço da precisão experimental e teórica, aumentando gradualmente o número de casas decimais em que há

---

<sup>87</sup> A título de exemplo, o autor expõe a comparação entre um modelo baseado em Schrodinger e um em Dirac, para descrever o espalhamento elástico de prótons por volta de 1980. Giere (1988, p. 193-194) argumenta que a adequação empírica não foi um critério suficiente, em que elementos como *realismo* e número de parâmetros livres também foram importantes, a depender do cientista. Esse é um dos principais casos de estudo, ocupando o capítulo 7.

<sup>88</sup> Slide 11 desse link: [https://www.dropbox.com/s/afrqqtzszrqb9ph/3\\_ParticlePhysics.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/afrqqtzszrqb9ph/3_ParticlePhysics.pdf?dl=0)

<sup>89</sup> Há um debate se realmente a terminologia “segunda quantização” é adequada, ou se na verdade há apenas uma quantização. Não pretendemos nos posicionar nesse debate pois ele não é relevante para o contexto da discussão.



compatibilidade<sup>90</sup>. Essa grande compatibilidade legitimou generalizar a segunda quantização para a compreensão das outras interações, expandindo o sucesso da interação eletromagnética para as interações forte e fraca.

A modelização e a comparação de modelos estão centralizadas no raciocínio científico, principalmente quanto ao conhecimento epistêmico, pois a partir do conhecimento científico específico, elabora-se e avalia-se dois modelos científicos, utilizando o conhecimento da ciência e sobre a ciência (OSBORNE, 2013). Atividades envolvendo lápis e papel permitem que os estudantes explicitem seu raciocínio sobre o que constitui o modelo e como confrontá-los, trabalhando o raciocínio crítico imerso na prática científica, que também é importante para o aprendizado dos estudantes (OSBORNE, 2013). Mas alerta-se também que esse tipo de atividade não se baseia em *exemplares*, e, portanto, esbarram nos obstáculos didáticos oriundos da tradição de ensino de física.

Como conhecimento contingente, propomos que o detector de múons torna a elaboração de modelos de dados algo factível no ambiente escolar. Entretanto, se faz necessário que os estudantes compreendam, em algum nível, como funciona o detector. Em busca de ilustrar a cintilação, que acontece quando o múon atravessa o cintilador, é possível realizar uma demonstração experimental simples utilizando água tônica, água sanitária e luz negra. Por outro lado, o detector continua demonstrando mais o lado quantitativo do que qualitativo da experimentação com partículas. Embora o primeiro seja mais importante para a comunidade científica, o qualitativo pode causar interesse nos estudantes. Nesse sentido, a câmara de nuvens parece ser um recurso interessante, pois evidencia um aspecto visual sobre as partículas, provocando empolgação nos estudantes na experiência de alguns professores.

É interessante que a SEA observe as mudanças curriculares proporcionadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o currículo paulista. Se torna interessante relacionar os objetivos da SEA com as habilidades contidas nesses documentos, bem como tomar a realidade dos estudantes como ponto de partida para a relação de ensino-aprendizagem, algo que ressoa com diversas pesquisas da área de ensino desde a década de 90.

Feita essa articulação, podemos propor como ela contribuem para as ações concretas.

### **Escolha do fim e do início:**

Embora o fim não seja o próprio detector, ele deve envolvê-lo. Isso implica que, ao final, os estudantes devem conhecer alguma explicação para o funcionamento do detector, sendo capazes de interpretar os seus dados. Por ser um tópico contemporâneo, pode-se

---

<sup>90</sup> Utilizando 12672 diagramas de Feynman, Aoyama *et al* (2012), encontraram o valor teórico para a anomalia do momento magnético do elétron  $\frac{g-2}{2} = (1\ 159\ 652\ 18,78) \times 10^{-12}$  (com incertezas), sendo que o grupo de Harvard, em 2008, encontrou o valor experimental  $\frac{g-2}{2} = (1\ 159\ 652\ 18,73(0,28)) \times 10^{-12}$ , expressando uma incrível concordância entre teoria e experimento.

pensar que o caminho até ele deve ser longo, o que não é verdade. Deve-se buscar uma explicação simples, mas não simplista, de acordo com o tempo escolar. Tradicionalmente, se inicia a discussão a partir de uma história sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. Essa não é uma ideia ruim, mas é necessário refletir sobre a *forma* como se faz isso, uma vez que há indícios de que os estudantes aprendem pouco. Além disso, há extensa literatura que sugere que o início não pode ser um problema *apenas* da comunidade científica – deve-se buscar conectar os estudantes a esse problema, podendo recorrer a subsídios do cotidiano.

### **Orquestra:**

Deve-se dar ênfase nas explicações científicas, mesclando representações linguísticas (termos, equações, etc.) e não-linguísticas (imagens, diagramas, e etc.), adaptadas a partir da comunidade científica. Por uma questão de tempo, deve-se dar explicações *suficientes*. Deve-se evitar a “taxonomia das partículas”, que consiste em dar ênfase em quais são as partículas e nas suas propriedades, ao mesmo tempo em que se deve ter cautela com as analogias, pensando em qual será a compreensão dos estudantes e o quão de acordo está com a comunidade científica. Essa é uma tarefa especialmente difícil, uma vez que as experiências envolvendo projetos de raios cósmicos por vezes podem terminar com os estudantes não sabendo explicar o que são os raios cósmicos, de onde eles veem e como o detector funciona.

Para além disso, deve-se refletir sobre o conhecimento que constitui essa explicação. Isso implica em evidenciar o que significa *observar* uma partícula em termos contemporâneos, ressaltando a sua carga de inferência e idealização, o que implica em valorizar o conhecimento que valida essa inferência. Deve-se tentar apresentar aspectos qualitativos, uma vez que eles possuem apelo quanto ao interesse, mas sobretudo aspectos quantitativos, ensinando habilidades para os estudantes interpretar dados e extrair informação a partir deles.

Essas duas partes necessitam que os estudantes atribuam significado àquilo que estão aprendendo, conseguindo atribuir termos gerais a esse conhecimento (falando sobre ele) e também conectar esse conhecimento com fenômenos.

### **Elaboração de atividades:**

As atividades precisam atender às demandas da sala de aula, considerando que as ênfases escolhidas vão na contramão da tradição, que quase sempre envolve atividades de resolução de problemas fechados.

Tradicionalmente, a elaboração de atividades com o detector de raios cósmicos envolve três etapas: uma introdução histórica à temática, uma atividade que apresenta o conceito de histograma e uma atividade utilizando os dados obtidos através do Jupyter.

### **Construção de Cenários:**

Não há contribuições para esta ação, uma vez que é a primeira implementação.

**Indicação de Conteúdo:**

Ao longo das reuniões, a câmara de nuvens se destacou como um dos instrumentos que pode despertar o interesse dos estudantes. Demonstrações visuais envolvendo cintilação podem ser um bom caminho para ensinar o funcionamento do cintilador. Apresentar o eletroscópio como composto por “folhas de ouro” (ao invés de um material mais simples, como o alumínio), pode sugerir que o equipamento é necessariamente muito sofisticado, distante de suas vivências.

## 4.6 – Documento de Apresentação (1º Design)

Nessa seção, apresentaremos o documento em que, recapitulando, escreve-se em torno de uma folha para cada aula, contendo uma apresentação, que consiste em argumentar porque aquela aula é importante, os objetivos de aprendizagem (em tópicos) e os momentos da aula, que consiste em fragmentar a aula em torno de cinco partes, indicando o que deve acontecer. O quadro 4.1 indica a organização e nomeação das aulas:

Quadro 4.1 – Organização e nomeação das aulas:

<b>Aula 1</b>	Introdução à física de altas energias
<b>Aula 2 e 3</b>	O início da pesquisa em raios cósmicos
<b>Aula 4 e 5</b>	A tecnologia da detecção
<b>Aula 6 e 7</b>	Explorando histogramas com o Jupyter

Além disso, o documento de apresentação também contém uma “Ficha Técnica”, que relaciona a proposta elaborada com a BNCC e o currículo paulista. Nela expomos um possível eixo estruturante ao qual ela poderia se alinhar (no caso, **Investigação científica**), além das habilidades relacionadas às competências gerais/eixos estruturantes (EMIFCG01, EMIFCG02 e EMIFCG03), além das habilidades específicas associadas ao eixo estruturante escolhido (EMIFCNT01, EMIFCNT02 e EMIFCNT03), bem como os objetos do conhecimento.

## APRESENTAÇÃO

Principalmente a partir da década de 90, diversas pesquisas em ensino de física passaram a defender a realidade dos estudantes como ponto de partida para a relação de ensino-aprendizagem, sendo que essa conclusão aparece em diversos documentos curriculares e permanece no atual currículo paulista. Com esse contexto, **nesta aula** os estudantes devem conhecer os raios cósmicos a partir de seus impactos na realidade concreta, tomando como ponto de partida uma notícia eletrônica que aborda problemas de saúde. A partir disso, levanta-se uma série de questões, cujo foco atual será responder à questão de quem elaborou esse conhecimento. **Na próxima aula** os alunos aprendem sobre o início da pesquisa em raios cósmicos, explorando duas das outras questões levantadas. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir de critérios da comunidade científica, os estudantes deverão chegar à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres e não provenientes da Terra.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Engajar com o curso que está por vir, conhecendo a dimensão investigativa desse tema (suas instituições de pesquisa e formas de pesquisar), bem como reconhecer questões pertinentes à essa forma de produzir conhecimento: Como investigar o mundo invisível?
- Conhecer problemas que o conhecimento obtido pode ajudar a responder: Do que são feitas todas as coisas?

## PERCURSO

Momento 1	Ler uma notícia de jornal publicada eletronicamente sobre a relação entre raios cósmicos e a saúde ( <a href="https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/">https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/</a> ) A partir da notícia, levanta diversas questões pertinentes, buscando deixar os alunos curiosos. Dentre elas as questões: Qual é o perigo mencionado e quem são as pessoas que pesquisam e produzem esses conhecimentos?
Momento 2	Buscando responder essas perguntas, apontar que o perigo está associado às partículas e apresentar a forma teórica e experimental de investiga-las. Aprofundando na experimental, apresentar as “duas formas principais” de estudar partículas experimentalmente (Raios Cósmicos e Aceleradores), para que os alunos tenham uma visão geral das instituições contemporâneas que realizam esse tipo de pesquisa.
Momento 3	Explicitar as distinções e as semelhanças sobre essas duas formas de pesquisar. A primeira, é uma forma mais “natural”, em que as partículas vêm do céu e é necessário criar instrumentos para interagir com essas partículas, conhecidos como “detectores”. A segunda, mais “artificial”, em que se retira essas partículas de alguma fonte, acelera elas e então “esmaga” para ver o que “tem dentro”, também utilizando detectores.

<b>Momento 4</b>	Fechar a aula fazendo uma breve retomada do que foi visto e apontar que na próxima aula irão estudar os problemas: como é possível saber que essas partículas estão vindo do céu e não de algum outro lugar e como observar o invisível?
------------------	--

### COMPLEMENTAR

<b>Momento 1</b>	<p>Para apresentar que ambas formas de pesquisa estão investigando uma questão mais fundamental (“do que tudo é feito?”) mostrar o vídeo Cosmic Eye (Original HD version – youtube) <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8Are9dDbW24">https://www.youtube.com/watch?v=8Are9dDbW24</a></p> <p>Apresentar que um dos valores desejáveis para a ciência é o <i>desinteresse</i>, a busca do conhecimento pela natureza – mas que, por vezes, possibilitam investigar problemas mais conectados com a vida.</p>
------------------	---

## APRESENTAÇÃO

**Na aula anterior** os estudantes conheceram os raios cósmicos a partir de seus possíveis impactos na saúde dos pilotos de avião. A partir disso, levantaram questões e responderam à questão de quem que elaborou esse conhecimento. **Nesta aula**, os alunos aprendem sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir de critérios da comunidade científica, devem chegar à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres e não provenientes da Terra. Dessa forma, os estudantes aprendem **a e sobre** a física. A atividade proposta busca um rompimento com a forma como comumente se ensina o início da pesquisa em raios cósmicos – a saber, através da exposição oral da história -, buscando que os alunos engajem com a proposta. **Na próxima aula**, partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observam remotamente um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprendem sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), nomeadamente: cintilador e fotossensor.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Aprender os conceitos radiação ionizante e carga elétrica.
- Aprender o funcionamento de um eletroscópio.
- Aprender que toda detecção pressupõe uma interação.
- Aprender um exemplo de como a ciência realiza generalizações: o descarregamento indefinido de um eletroscópio e a conclusão de que os raios ionizantes vêm do céu.
- Interagir teoricamente com aspectos da investigação científica, como a coleta de dados, previsão teórica, a idealização, a formulação de hipóteses e elaboração de modelos na prática científica.

## PERCURSO

<b>Momento 1</b>	Trazer duas questões da aula anterior: como é possível saber que essas partículas estão vindo do céu e não de algum outro lugar e como observar o invisível? Apontar que para responder essas perguntas vamos realizar uma viagem histórica, mas será uma reconstrução do que aconteceu – não falaremos exatamente o que aconteceu em cada dia. Com essa reconstrução, os estudantes irão vivenciar como se fossem um cientista da época.
<b>Momento 2</b>	Relembrar o conceito de átomo com seus constituintes mais simples. Apresentar o conceito de carga elétrica. Explicar um instrumento da época: o eletroscópio. Apresentar seu funcionamento e especificar bem um problema da época: o descarregamento indefinido e segundo velocidades bem variáveis. Apresentar o desafio para os estudantes: Explicar de onde estão vindo os raios ionizantes.

<b>Momento 3</b>	<p><b>Apresentar a dinâmica da atividade:</b> Separados em grupos (~3 pessoas), os estudantes receberão um conjunto de cartões com fatos históricos que auxiliam na construção de dois modelos. O primeiro, defende que os raios ionizantes vêm da Terra. O segundo, defende que os raios ionizantes são extraterrestres. A tarefa deles é a partir de cada cartão, sintetizar em poucas linhas como aquele fato contribui para explicar que a radiação vem do espaço sideral ou que a radiação vem da terra.</p> <p>Ao final de ter utilizado todos os cartões, os estudantes devem realizar uma dissertação comparando os dois modelos, apontando qual é o melhor.</p>
<b>Momento 4</b>	<p>Síntese do professor, perguntando para a turma como os diferentes grupos justificaram e levantando que, a partir de diferentes experimentos (com papel relevante da instrumentação, da comparação da previsão teórica com os dados), se chegou numa generalização: os raios cósmicos vêm do espaço. Chamar atenção que ao longo do processo, os estudantes tiveram que olhar para as características importantes (como por exemplo, descarregamento indefinido, condução elétrica e etc.) e deixaram de lado outras características que não eram relevantes (a cor do eletroscópio).</p> <p>Finalizar com o discurso do Nobel</p>



## APRESENTAÇÃO

**Na aula anterior** os alunos aprenderam sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir de critérios da comunidade científica, chegaram à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres. **Nesta aula**, partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observam um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprendem sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), dando enfoque para o cintilador, traçando uma analogia através de um experimento macroscópico. Desse modo, os estudantes devem aprender um modelo que explica a interação do múon com o detector. Essa forma de explicar a interação não utiliza do conceito de “troca de partículas” – é comum na prática científica a utilização de diferentes perspectivas sobre um mesmo aspecto (interação) dependendo da situação que está sendo modelizada. O modelo apresentado é inspirado nas discussões que ocorrem em livros de física experimental que discutem esse detector. **Na próxima aula** explora-se o Jupyter.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Novamente notar que toda detecção pressupõe uma interação.
- Aprender um modelo que explica a detecção do múon. Neste modelo, considera-se a interação do múon com o cintilador devido a sua carga elétrica, emitindo uma luz. A luz do cintilador interage com o fotossensor, produzindo um sinal elétrico que passa por um circuito eletrônico, e chega como uma mensagem em código binário ao computador, que com o auxílio de um software interpreta uma detecção.
- Aprender alguns benefícios do avanço tecnológico para a investigação científica.

## PERCURSO

Momento 1	Retomar a conclusão da aula anterior: raios cósmicos vem do céu. Retomar que, embora os raios cósmicos sejam invisíveis a olho nu, nós podemos verificar os efeitos de suas interações (eletroscópio e danos à saúde). Problematizar se seria possível detectar os raios cósmicos de forma mais direta.
Momento 2	Apresentar um vídeo sobre a câmara de nuvens (ou construir uma câmara de nuvens com os estudantes), explicando brevemente seu funcionamento. Apontar os benefícios (inferência das trajetórias das partículas) e as limitações dessa forma de detecção (sem dados quantitativos).

<b>Momento 3</b>	Apresentar que, visando superar o problema quantitativo, a tecnologia foi se aprimorando. Introduzir que o nosso detector está imerso neste contexto. Apontar que toda detecção pressupõe uma interação e introduzir qual é a interação que ocorre no nosso detector: a interação entre o múon e o cintilador, ilustrando o fenômeno de fluorescência.
<b>Momento 4</b>	Realizar o experimento “Água de brilha no escuro”, em que os estudantes devem ver à nível macroscópico o fenômeno de fluorescência acontecendo. Explicitar qual é a semelhança entre esse experimento e o que acontece no cintilador.
<b>Momento 5</b>	Apresentar alguns componentes do detector: cintilador, foto-sensor e a eletrônica. Apontar que a luz emitida pelo cintilador interage com o foto-sensor, que produz um sinal elétrico. Após passar por algumas outras componentes, sabemos que o múon passou por ali. Apontar que esses dados são transmitidos via wi-fi e ficam armazenados. Para lidar com esses dados e extrair informação a partir disso (por exemplo: contar quantos múons passaram em um dado horário) é importante a utilização de softwares. Apontar que na próxima aula iremos utilizar um deles.

## APRESENTAÇÃO

Na aula anterior partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observaram um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprenderam sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), através de uma demonstração, nomeadamente: cintilador e fotossensor. **Nesta aula**, explora-se o Jupyter, visando elaborar histogramas. Apresenta-se o que são histogramas e, utilizando os dados de detecção, elabora-se histogramas, interpretando suas informações. Ao invés de vivenciarem uma demonstração, os estudantes vivenciarão um experimento.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Aprender alguns comandos básicos que serão importantes para a elaboração dos histogramas.
- Elaborar um histograma à mão, utilizando um exemplo próximo dos estudantes.
- Elaborar um histograma (número de detecções em cada intervalo de horas) utilizando o Jupyter.
- Avaliar a utilidade de utilizar o histograma.

## PERCURSO

Momento 1	<p>Relembrar o que foi realizado na aula anterior, dando enfoque para a demonstração para entender o cintilador e citando as demais componentes do detector.</p> <p>Sensibilizar que para compreender o funcionamento da natureza, é necessário elaborar métodos de investigação, unindo a teoria com a prática. Citar alguns exemplos vistos na atividade dos cartões, especialmente o de Domenico Pacini.</p> <p>Levantar dois aspectos presentes no experimento de Pacini: a previsão teórica e o experimento em que se coletou dados.</p>
Momento 2	<p>Sensibilizar os estudantes de que a coleta de dados é uma etapa importante, mas é fundamental conseguir extrair informações desses dados. Para extrair informações, é necessário realizar o tratamento de dados, seguido por uma análise, utilizando conceitos da estatística.</p> <p>Apontar que, para entender uma das formas de fazer isso, farão um exemplo inicial, que consiste em montar um histograma em função das idades. O exemplo consiste em coletar um conjunto de idades e a partir disso montar um histograma</p>
Momento 3	<p>Refletir com os estudantes em que momento é útil um histograma.</p> <p>Retomar para o detector e relembrar o que ele faz. Apontar que nesse momento iremos utilizar os seguintes dados do detector: a detecção de que houve uma contagem, o dia e a hora em que ela aconteceu. Mostrar a tabela do excel com esses dados e perguntar para os estudantes: no dia 30, qual foi o horário que mais houve detecção de múons? Após respostas dos estudantes, apontar que apenas com a tabela é muito difícil responder. Por outro lado, montar um histograma a mão também será difícil.</p>

<b>Momento 4</b>	<p>Apontar que para solucionar esses problemas, é muito comum utilizar softwares que auxiliam nesse processo.</p> <p>Apresentar o Jupyter, dar uma noção de o que é o Python. Elaborar histograma com os dados coletados. Perguntar para os estudantes novamente em que horário do dia 30 havia mais detecções.</p> <p>Apontar que agora há todos elementos de um experimento científico: compreende-se o funcionamento do equipamento, realizou-se a coleta de dados, realizou o tratamento de dados através da elaboração de um histograma e se fez a análise dos dados para poder extrair informações.</p> <p>Apontar que caso tivesse mais aulas, outras informações poderiam ser extraídas e poder-se-ia compreender com maior profundidade a natureza da matéria. Finalizar a sequência.</p>
------------------	--

## 4.7 – Sobre a forma de coletar dados

Nessa seção, apresentamos o contexto e alguns detalhes da implementação da sequência, bem como a forma que coletamos os dados.

A sequência foi implementada em uma escola estadual, localizada em Diadema/São Paulo (sendo considerada periferia), numa região afastada do centro do local. A escola possui o índice do IDEB igual a 5,2.<sup>91</sup> O IDEB de São Paulo (estado) é 5,2 também. A partir dos micros dados do ENEM 2008 (há uma ausência de dados na plataforma do INEP), nota-se que para questões objetivas do ano de 2008 (média de 0 a 100):

Tabela 4.1 – Informações sobre o desempenho da escola em questões objetivas no ENEM de 2008 (média de 0 a 100)

Maior Média de Escola	70
Menor Média de Escola	26
Média dessa Escola de Diadema	39,79
Média das Médias das escolas de todo Brasil	40,7

Portanto, nesse aspecto, a escola tem um perfil “médio” em relação ao Brasil. No entanto, ela vem aumentando continuamente o índice IDEB (inclusive superando a meta). Também se nota que no ano de 2018, 22% dos alunos participaram dos dois dias do ENEM e a média na pontuação de Ciências da Natureza foi de 475 pontos (que dada a baixa participação, não é representativo sobre o ensino de Ciências da Natureza da escola, conforme o próprio INEP). A rua e as casas imediatamente próximas a escola são relativamente bem estruturadas, embora não se possa falar o mesmo das ruas e casas em seu entorno.

A implementação ocorreu entre novembro e dezembro de 2021, realizada por um professor que participou da etapa do *design*, conforme discutido na seção 4.3.1. As aulas ocorreram durante a tarde, de forma extracurricular, para estudantes do turno da manhã que, com exceção de uma estudante, estavam no ensino médio (principalmente no 3º ano). A escola possui infraestrutura relativamente boa, não havendo ausência de nada essencial. As aulas foram ministradas na sala de informática, cujo espaço é possível visualizar na figura 4.5. As aulas eram programadas para ocorrer das 13:00hs às 14:00hs. No intervalo entre a aula regular e a SEA, era fornecido merenda para os estudantes (em geral, almoço). Havia duas turmas distintas, que foram distribuídas conforme a disponibilidade dos estudantes. Cada turma tinha duas aulas por semana. Somando as duas turmas, haviam aproximadamente 20 estudantes no início e também no fim (embora alguns poucos estudantes tenham parado de ir e outros começaram a frequentar).

<sup>91</sup> Consulta realizada em 2021 - (<https://www.qedu.org.br/escola/191991-simon-bolivar/ideb>)



**Figura 4.5** – Foto do espaço em que as aulas ocorreram. Fonte: acervo pessoal

Além do professor que ministrou as aulas, também estava presente no espaço um pesquisador que faz parte do presente trabalho, cujo objetivo era realizar a coleta de dados. Os dados coletados foram:

- Caderno de Anotações do pesquisador.
- Gravação de áudio e vídeo das aulas.
- Questionário inicial e final para estudantes.
- Questionário ao final de cada aula para o professor.
- Respostas das atividades dos estudantes.
- Entrevistas dos estudantes e professores.

Com exceção dos dois primeiros, todos os outros dados estão transcritos e podem ser encontrados no Apêndice A, bem como os questionários, os roteiros e os termos de consentimento.

No **Caderno de Anotações**, o pesquisador privilegiava anotar as expressões dos estudantes bem como eventuais coisas diferentes que o professor optava por fazer. Também anotava os primeiros *insights* que surgiam para o *redesign*.

Na **Gravação de áudio e vídeo das aulas** o foco foi o professor, afim de evidenciar como ele se apropriava da sequência elaborada.

O **Questionário inicial** foi dado antes do início da primeira aula. Nele, nosso objetivo através da primeira questão é descobrir algumas impressões gerais que os estudantes têm sobre elementos que fazem parte da sequência (física e familiaridade com a tecnologia). As três questões seguintes são do tipo **aberta**, que permitem os estudantes discursarem sem haver um conjunto de alternativas pré-determinadas, bem como um

afastamento da noção de “resposta certa e errada”. Para isso, as questões são formuladas contendo uma ‘pequena história’, que colocam os estudantes na posição de responderem para pessoas que não fazem parte da comunidade científica e evita-se termos próprios dessa comunidade. Na segunda questão, objetivamos saber as impressões dos estudantes sobre a estrutura da matéria. Na terceira, sobre qual é a percepção deles acerca da investigação de partículas. Na quarta, sobre a estrutura social e tecnológica necessária para pesquisar física.

No **Questionário final**, as três primeiras são do tipo aberta, enquanto que as três últimas estão mais próximas da noção de “certo ou errado”, apesar de dar espaço para opinião. Na primeira e na segunda, questiona-se os dois momentos que o estudante mais gostou e que menos gostou, respectivamente. Na terceira questão, repete-se integralmente a terceira questão do questionário inicial, que objetiva saber a percepção da investigação de partículas. Na quarta questão, objetivamos saber se os estudantes lembram e se compreenderam a analogia da demonstração experimental para explicar o funcionamento do cintilador. Na quinta questão, queremos saber a compreensão do cartão do experimento do Wulf na Torre Eiffel, que julgamos ser o mais complicado. Na sexta questão, queremos saber se os estudantes entenderam o propósito de fazer um histograma.

Também apresentamos um **Questionário ao final de cada aula para o professor**. Ao todo foram quatro questionários<sup>92</sup>, que possuíam uma parte comum e uma parte específica. Na parte comum, objetivamos saber as impressões dele sobre a compreensão do material, sua segurança para lecionar a aula, a sensação dele sobre o aprendizado dos estudantes, um ponto negativo e um ponto positivo sobre o material proposto. Na parte específica de cada aula, questionamos sobre alguns pontos chaves, a fim de obter a opinião dele após ter lecionado.

O propósito das **entrevistas dos estudantes** foi complementar os dados obtidos. Os objetivos eram múltiplos e surgiram durante a implementação. É importante notar que, como alertam Boni e Quaresma (2005), essa é uma busca não-neutra e assim, carregada de teoria (manifestada nos próprios objetivos) – o que não necessariamente implica em um viés nos resultados, mas que demanda atenção dos pesquisadores. Após aproximadamente 70% da sequência, decidimos que queríamos investigar:

**a.) Dificuldades na atividade 1**, em que os estudantes deveriam ler cartões e decidir se os raios cósmicos são terrestres ou extraterrestres. A princípio, podemos supor que esse não é um tipo de atividade comumente realizado pelos estudantes, em que de largada já encontramos um primeiro obstáculo denominado por Pietrocola e Gurgel (2017) como “Tipos de Atividades propostas”. Além disso, parecem haver outras duas dificuldades de naturezas distintas. A primeira é de natureza cognitiva, para o caso dos estudantes que realmente tiveram dificuldades em extrair informação dos cartões. A segunda é de natureza didática, que esbarra no obstáculo denominado de “Avaliação” – alguns estudantes parecem

---

<sup>92</sup> Lembramos que algumas aulas foram pensadas para serem dadas em sequência (por exemplo, 2 e 3), o que resultou em apenas um questionário para elas.

manifestar a bem conhecida cultura escolar de “dar o resultado que deve ser”, sem engajar realmente com a proposta da atividade. Essa cogitação é corroborada pela observação do pesquisador. Antes da atividade, já haviam vários indícios de que a radiação deveria ser extraterrestre (pela primeira aula e pelo nome “raios cósmicos”, por exemplo). Mas não necessariamente os estudantes conectariam essas duas coisas e, além disso, como a dinâmica da atividade demanda que os estudantes opinem, talvez eles realmente pudessem estar dispostos a reconhecer que a radiação poderia ser terrestre. O pesquisador ficou interessado em investigar essa questão no momento em que um estudante, denominado Aluno 10, que participou da turma A e fez a atividade, foi também na turma B e interagiu com uma dupla que estava fazendo a atividade. Essa dupla estava com dificuldade de fazer a comparativa entre os dois modelos e o Aluno 10 falou: “você só precisa colocar que é extraterrestre, só isso importa.”

**b.)** A partir dos **questionários iniciais**, quanto às questões sobre “observar partículas invisíveis”, há dois grupos: o primeiro, afirma que existem equipamentos especiais para isso, sem descrever bem como seriam. O segundo, além de afirmar equipamentos especiais, apontam que conseguem enxergar bem, dando indicativos de que seria uma observação visual. Essa concepção prévia dos estudantes, para ser transformada, esbarra em obstáculos didático-epistemológicos (Ontológicos, fenomenológicos e Estrutura conceitual). Na sequência apresentada, os estudantes tiveram contato com outras formas de observar partículas (através de seus efeitos no corpo humano, sua interação com o eletroscópio e a interação do múon com o cintilador). Será que houve transformação na concepção dos estudantes?

**c.)** Nos questionários iniciais, surpreendentemente, na pergunta que era algo sobre “de que tudo é feito”, apenas 4 (de 21) citaram átomos, e 1 citou uma versão mais sofisticada usando quântica. O restante foi bem diverso, ora fazendo reflexões filosóficas distantes, ora falando que tinha curiosidade de aprender embora não soubesse, etc. Será que o repertório dos estudantes sobre a constituição da matéria foi ampliado? Será que a concepção deles de o que são feitas as coisas foram alteradas?

**d.)** Diferentes aspectos da concepção herdada (PASSON, ZUGGE & GREB –ELLIS, 2019) possivelmente foram manifestados durante a exposição do professor (embora isso careça de maior reflexão). Dentre eles, foi um certo “zoológico de partículas” durante a apresentação do chuveiro de raios cósmicos. Um outro, foi a utilização de analogias para explicar o que acontecia na câmara de nuvens, bem como uma demonstração para o mecanismo de interação entre o múon e o cintilador. Houve uma preocupação por parte do professor de alertar que a representação do múon como bolinha era apenas uma representação, mas não sabemos bem como ele é. Como será que foi a apropriação dos estudantes?

**e.)** O professor não parece ser um professor do ensino tradicional de física, por diversos indícios. Como será que são as avaliações realizadas pelos estudantes em horário



regular? Qual é o currículo que o professor segue? Como os estudantes percebem essa forma de ensinar? Gostaríamos de captar a partir da perspectiva dos estudantes qual que era a influência de ser aquele professor lecionando a sequência, tanto a parte pedagógica quanto a parte afetiva, uma vez que os estudantes foram selecionados pelo próprio professor.

Tendo isso, optou-se por realizar entrevistas do tipo **semi-estruturada**.

As **entrevistas semi-estruturadas** combinam perguntas abertas e fechadas, onde o informante tem a possibilidade de discorrer sobre o tema proposto. O pesquisador deve seguir um conjunto de questões previamente definidas, mas ele o faz em um contexto muito semelhante ao de uma conversa informal. O entrevistador deve ficar atento para dirigir, no momento que achar oportuno, a discussão para o assunto que o interessa fazendo perguntas adicionais para elucidar questões que não ficaram claras ou ajudar a recompor o contexto da entrevista, caso o informante tenha “fugido” ao tema ou tenha dificuldades com ele. (BONI & QUARESMA, 2005, p.75, grifo no original)

O aspecto informal foi bem importante, cujo objetivo era os estudantes não se sentirem realizando uma “prova oral”, pois poderia acarretar dois problemas: (1) os estudantes responderem imaginando aquilo que o entrevistador gostaria de ouvir e (2) o emocional influenciasse muito nas respostas dadas. As condições das entrevistas não eram as ideais. Elas precisavam ser feitas durante o horário regular (pela manhã), uma vez que os estudantes dificilmente ficariam para além do horário da aula. Na época, já em meados de dezembro, alguns estudantes já estavam deixando de ir para a escola e, ainda por cima, estava havendo eventos esportivos, em que praticamente nenhum estudante ficava na sala de aula (o conhecido “inter classe”). Um outro agravante é que o único local disponível para as entrevistas era a sala da diretoria, que pode ser um espaço intimidador. Todos esses fatores, somados a timidez e o receio de ser uma ‘prova oral’, dificultaram a realização das entrevistas. Dos aproximadamente 20 estudantes que acompanharam bem o curso, 13 realizaram a entrevista.

Dos pontos que amenizam esses problemas, está o fato do pesquisador não ser alguém completamente estranho aos estudantes. Além de ter estado no ambiente em todas as aulas (embora com interação mínima ou nula), o pesquisador também comia a merenda com os estudantes, momento em que hora ou outra conversava com eles. Também durante o trajeto e ao longo do dia de entrevista, o pesquisador tentava manter conversas informais, afim de tirar a tensão dos estudantes, além de na própria formulação das perguntas durante a entrevista, buscava ser informal e bem receptivo nas respostas dos estudantes, sem, no entanto, perder de vista os objetivos. A sequência das perguntas buscou ter um sentido lógico para o entrevistado, de forma com que ele fosse lembrando do que aconteceu antes e ao longo do curso (BONI & QUARESMA, 2005, p.72).

Na **Entrevista do professor**, também se optou por uma entrevista semiestruturada. O objetivo era conhecer um pouco mais sobre a perspectiva do professor quanto a própria carreira, quanto ao projeto e quanto a sequência e, com isso, avaliar o as influencias na sua forma de conduzir a sequência. A entrevista foi realizada após a confraternização com os estudantes (que contou com alguns lanches e refrigerantes), na mesma sala de aula em que ela ocorreu. Embora estivéssemos sozinhos na sala, havia bastante barulho externo devido aos eventos esportivos.

## Capítulo 5: Obstáculos manifestados e as razões críticas para mudar

A partir da seção 3.2.6, notamos que a etapa do Redesign cumpre principalmente três papéis, que de uma forma ou de outra estão alinhados às pretensões de pesquisa: avaliar a qualidade da inovação (onde o conceito de qualidade é definido na própria SEA a partir dos princípios de design), aprimorar (ou extrair<sup>93</sup>) os princípios de design e contribuir para o desenvolvimento da comunidade (influenciar outros trabalhos da comunidade a partir da forma como se desenvolveu a pesquisa, como foi comunicada e os resultados obtidos). De forma mais tímida, alguns autores elaboram ferramentas de iteração, que são análogas às ferramentas de design, mas para a etapa de análise dos dados. Nós não adotaremos uma ferramenta de iteração. Sendo assim, a estrutura do redesign considera os princípios de design e a comunidade (tanto em termos de realização, quanto de comunicação e resultados).

### 5.1 – Nossa abordagem para o redesign

Resgatando o projeto formativo (seção 1.4), notamos que para atingir os objetivos gerais e específicos, é central na nossa sequência que os estudantes consigam aprender os conceitos científicos e os elementos elencados da Natureza da Ciência. Durante o planejamento, no que se refere à didática<sup>94</sup>, nossos desafios estavam centrados nos obstáculos da FMC e da concepção herdada do ensino de FP.

Contextualizando essas preocupações agora visando a iteração, é razoável a defesa sem grandes justificativas de que um saber científico para estar presente na sala de aula do ensino médio precisa sofrer simplificações: a base matemática que permeia os conceitos, os experimentos sofisticados e o processo de construção e validação social são bons indicativos de que o saber científico normalmente é complexo demais para o nível escolar, necessitando ser simplificado. Chevallard (1991) em sua análise vai além, apontando que não somente o conhecimento é simplificado, mas passa por profundas modificações, sendo um conhecimento que precisa atender tanto à “ciência” quanto à “sala de aula” (BROCKINGTON & PIETROCOLA, 2005).

---

<sup>93</sup> Lembramos que para alguns autores, os princípios de design são extraídos a partir dos resultados da implementação (ver seção 3.2.1).

<sup>94</sup> Astolfi e Develay (1990) em seu livro cujo título traduzido é “*A didática das ciências*”, realizam uma breve genealogia da palavra *didática*, em que culmina em duas perspectivas diferentes para a pesquisa em *didática*. Em ambos os casos, parece ser válido considerar que um dos objetivos da didática é realizar uma reflexão epistemológica sobre o saber a ensinar, estabelecendo-o como um objeto de estudo.

Algumas pesquisas de natureza empíricas sugerem que a transformação do conhecimento realmente é necessária no contexto da FMC, para além de sua simplificação (PIETROCOLA, 2010). Essa transformação busca lidar tanto com problemas da própria lógica escolar da disciplina de física, quanto com os problemas dos próprios tópicos da FMC. Nessas pesquisas esses problemas são encarados, na verdade, como *obstáculos*. Na seção 4.1, argumentamos que a seguinte visão é válida e é adotada por nós:

**Os obstáculos são manifestados através de tipos de erros específicos: casos em que o erro é devido a uma concepção prévia, funcionando como um freio a novas aquisições científicas e, no contexto escolar, pedagógicas. Eles não são obstáculos externos, associados a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, mas próprios do ato de conhecer. Sendo assim, a própria manifestação do obstáculo é dependente não só da nova aquisição científica pleiteada, mas do contexto local de ensino. O valor da investigação dos obstáculos não está na classificação, mas na compreensão que se extrai a partir das suas manifestações. Uma mesma situação pode manifestar diferentes obstáculos. Os obstáculos podem aparecer em diferentes formas, o que implica que para um mesmo tipo de obstáculo, duas intuições diferentes e até opostas podem ocorrer.**

Discutimos de forma mais pormenorizada em 4.1.2, a partir dessa definição, como podemos compreender alguns obstáculos apontados por Bachelard (1938) e Pietrocola e Gurgel (2017). Por outro lado, as formas como os obstáculos realmente se manifestam podem sofrer variações, dependendo do contexto local, do tópico de ensino e dos referenciais que subsidiam a proposta. Por exemplo, Pessanha (2014) nota que dentre os obstáculos de sua proposta, há a existência dos obstáculos do raciocínio limitado e incongruente. Nesse sentido, identificar e compreender os obstáculos que se manifestam em uma proposta tornam-se por si só um objeto de pesquisa (uma investigação empírica desse princípio de design), bem como o exercício contrafactual de argumentar quais foram as condições que provocaram o **não** aparecimento de certos obstáculos que seriam esperados.

Para além de observar o que deu certo (dados os princípios de design), a nossa hipótese é que o crucial para iteração é olhar o que não deu, seguindo a sugestão de Loukomies *et al* (2016). Tendo isso, a fim de identificar quais são os obstáculos que se manifestam nessa implementação, realizamos uma Análise Textual Discursiva baseada em Moraes (2003), sendo que o nosso *corpus* de análise era composto pelas transcrições das atividades dos estudantes, as transcrições das entrevistas, as transcrições do questionário inicial e final e as anotações do pesquisador.

Para a análise, a partir de Moraes (2003), adotamos a leitura do conotativo, o que implica em interpretações a partir dos aportes teóricos pertinentes para essa etapa – isto é,

os que subsidiam os objetivos específicos da própria sequência (conceitual e NdC), bem como os que subsidiam a análise (obstáculos). Com isso, realizamos um processo de desmontagem dos textos, fragmentando-os em trechos de forma que fizesse sentido a partir do tipo de leitura adotada. Tentamos então alocar esses textos desmontados nas categorias a priori, isto é, os obstáculos de Pietrocola e Gurgel (2017) (discutido em 4.1.2) e de Pessanha (2014), realizando assim o que Moraes (2003) denomina de método dedutivo. Nesse processo, notamos duas coisas. A primeira é que algumas categorias a priori eram bem pertinentes para certos fragmentos, bastando apenas ligeiras modificações. A segunda é que certos fragmentos eram incompatíveis com as categorias a priori, sendo que eles induziam à formulação de novas categorias. Para esses casos, criamos novas categorias, realizando assim o método indutivo. Ao final temos então categorias – ou melhor, obstáculos –, que são em parte *a priori* e em parte *emergentes*.

Tendo esses obstáculos, realizamos uma reanálise dos fragmentos dos textos, verificando e, eventualmente, alterando a categorização inicial. A categorização final encontra-se no **Apêndice C**. Após todo o processo, houve a emergência de uma nova compreensão dos obstáculos que se manifestam nessa implementação, discutidos a seguir. Indicamos entre colchetes se o obstáculo é a priori ou emergente.

#### **Obstáculos Didático-Pedagógicos:**

[A priori] - **Obstáculo dos Tipos de Atividades Propostas (OTAP):** A resolução de problemas fechados é considerada um método exemplar de desenvolvimento de atividades nas aulas de física. Tentativas de incorporar mudanças na rotina escolar – como a utilização de leitura e interpretação de texto, a comparação entre diferentes ideias, a programação e, até mesmo, a análise de dados – por vezes esbarra em diferentes problemas, seja por parte dos estudantes ou dos professores (PIETROCOLA e GURGEL, 2017).

[Emergente] - **Obstáculo da Concepção Herdada:** é recorrente a constatação, dentro do ensino de física de partículas, que a divulgação científica tem uma grande influência no seu modo de ensino. Isso significa que, dentro do microcosmo do ensino de física de partículas, existe uma didática e uma pedagogia bem estabelecida sobre como ensinar, que para alguns (como nós), os resultados educacionais são insatisfatórios, apesar de ser funcional. Os raios cósmicos não fogem à regra. É parte disso: uma exposição sobre o experimento crucial do início da pesquisa em raios cósmicos, a citação das diferentes partículas no chuveiro de raios cósmicos e de suas propriedades e o uso desmedido de analogias para caracterizar as ontologias.

#### **Obstáculos Didático-Epistemológicos:**

[A priori] - **Obstáculo do Raciocínio Limitado (ORL):** São formas de pensar limitadas, onde o estudante fica limitado a uma interpretação superficial e descritiva, gerando explicações insatisfatórias. (PESSANHA, 2014)

[A priori] - **Obstáculos do Raciocínio Incongruente (ORI)**: O pensamento tende a tirar conclusões que são ilógicas frente aos dados fornecidos (PESSANHA, 2014).

[Emergente] - **Obstáculo da Explicação Única (OEU)**: Os estudantes tendem a acreditar que um fato pode participar da formulação de somente um modelo.

[A priori] - **Obstáculo da Estrutura Conceitual (OEC)**: Esse obstáculo normalmente ressalta a diferença entre conceitos clássicos e da FMC, principalmente quanto à não-intuição deles (PIETROCOLA e GURGEL, 2017). Por outro lado, os conceitos trabalhados nessa SEA (como o de radiação, detecção e interação) se encontram na fronteira entre o clássico e o quântico. Por exemplo, o conceito de radiação é trabalhado mesmo nos livros mais tradicionais<sup>95</sup> na parte de ondas eletromagnéticas (física clássica) e, ao mesmo tempo, esse é um conceito que está bem próximo e que ganha notoriedade no início da FMC, cujo significado guarda complicações, principalmente por depender de outros conceitos.

[A priori] - **Obstáculo da Base Ontológica (OBO)**: As entidades na física clássica podem ser construídas a partir do mundo perceptivo, contrariamente as da FMC (PIETROCOLA e GURGEL, 2017). Durante o planejamento dessa SEA, uma de nossas preocupações era quanto a não carregar os problemas da concepção herdada. Isso resulta em os estudantes lidarem com entidades que muitas vezes estão pouco construídas, tal como para os cientistas também estavam ou porque as propriedades são complicadas, cuja caracterização apenas é feita a partir do efeito que elas produzem (e, portanto, das suas propriedades necessárias). Entretanto, por vezes os estudantes não conseguem ter a percepção adequada dessa caracterização a partir do efeito, não conseguindo imaginar, por exemplo, essa entidade sendo “absorvida pela água do mar”. Os estudantes tendem então a utilizar representações inadequadas, como por exemplo, admitem, erroneamente, que as entidades tratadas na SEA poderiam ser visualizadas com instrumentos como um microscópio.

[A priori] - **Obstáculo da Autoridade Instrumental (OAI)**: “Os fenômenos considerados na FMC pertencem a um mundo além dos limites da vida cotidiana: o muito pequeno, o muito rápido, [...] (PIETROCOLA & GURGEL, 2017)”. A interação com esses fenômenos muitas vezes se dá através de um instrumento. Nesse obstáculo, os estudantes tendem a simplesmente mencionar e confiar nesse instrumento, sem saber o princípio de funcionamento. Mesmo efeitos visíveis, como o descarregamento do eletroscópio, guardam certa dificuldade. Outros efeitos, como o de cintilação do detector na passagem de um múon, não são observados pelos experimentadores. Por outro lado, são esses próprios efeitos que indicam a detecção de uma partícula, sendo esse o princípio de funcionamento.

[Emergente] - **Obstáculo da Autoridade Científica (OAC)**: Os estudantes tendem a reduzir o pensamento a uma mera confiança na afirmação do cientista, sem engajar com aspectos conceituais e metodológicos.

---

<sup>95</sup> Ver, por exemplo, o capítulo 17 do livro Os Fundamentos da Física vol. 3, de Ramalho, Nicolau e Toledo.

## 5.1.2 – Questões de pesquisa relativas ao Redesign

Separamos a granularidade da análise em dois níveis. Primeiro, em uma dimensão ampla, discutiremos certos aspectos que permearam toda a sequência. Posteriormente, em um nível fino, analisaremos certas atividades e momentos que parecem evidenciar aspectos problemáticos, em termos de obstáculos. A exposição dessa análise será feita em uma seção correspondente à cada aula, dada a conexão próxima do objeto de análise com o restante da aula. Com isso, propomos as mudanças na sequência, explicitando as razões principais que nos levaram a cada decisão. Lembramos que no **Apêndice C** existem inúmeros quadros em sua versão final do processo da análise textual discursiva. Ao longo desse capítulo, apenas retomaremos certos elementos principais que emergiram a partir dela.

Aqui, finalmente iremos **investigar os obstáculos manifestados durante a relação de ensino-aprendizagem de uma proposta sobre raios cósmico centrada em um detector de raios cósmicos, tanto numa dimensão epistemológica quanto pedagógica**, que é o objetivo dessa dissertação.

Além disso, considerando os obstáculos manifestados, uma outra questão que estrutura esse capítulo é: **Quais foram os refinamentos realizados e quais dados contribuíram para isso?** Assim, finalizamos o 1º ciclo da TLS.

## 5.2 – Análise: dimensão ampla

Para análise da dimensão ampla, discutiremos certos aspectos que permearam toda a sequência. Nas duas primeiras subseções, discutimos um elemento da NdC e dois conceitos científicos que foram trabalhados em diferentes momentos da SEA e que parecem manifestar problemas mesmo após toda a aplicação. Na terceira, fazemos breves ponderações sobre problemas quanto à viabilidade prática da implementação da SEA.

### 5.2.1 – Toda detecção pressupõe uma interação.

A busca por ensinar que a detecção de partículas se dá a partir dos efeitos que ela produz durante uma interação possibilita a manifestação de diferentes obstáculos, sendo eles:

- **OAC:** Quando o estudante atribui veracidade unicamente devido ao conhecimento ser produzido por cientistas, sem manifestar saber como - “A partícula existe e é detectada, pois os cientistas estudam e investigam sobre isso.”
- **OBO:** Quando os estudantes acreditam que as partículas estudadas são possíveis de serem visualizadas - “Existem aparelhos que possibilitam visualizar essa partícula, como os microscópios. ”
- **OAI:** Quando os estudantes sabem da existência de aparelhos que detectam, que **não** são microscópios, mas que parecem desconhecer o princípio de funcionamento - “Os cientistas possuem aparelhos específicos e especiais que possibilitam detectar essa partícula.”

Para identificar a manifestação desses obstáculos, utilizamos três fontes de dados: os questionários final e inicial e as entrevistas.

*Quadro 5.2 – Obstáculos levantados a partir do questionário final e inicial, onde ambos possuíam a mesma pergunta. O questionário inicial (A) seria a análise considerando todos os entregues. O questionário inicial (B) seriam apenas aqueles que fizeram pelo menos o questionário final. P. = Presença – dados obtidos a partir do Quadro C.23*

**Questão: 3)** Imagine que um amigo encontrou uma notícia que continha a seguinte informação: “Cientistas descobrem que há milhares de partículas invisíveis à olho nu caindo do céu na cidade de São Paulo.”. Seu amigo fica intrigado, e te faz a seguinte pergunta: Afinal, se as partículas são invisíveis para os nossos olhos, como os cientistas sabem que realmente tem partícula ali? O que você responderia?

<b>A) Questionário Inicial (24 respondentes)</b>	<b>P</b>	<b>Questionário Final – (18 respondentes)</b>	<b>P</b>
OBO	33%	OBO	11%
OAI	46%	OAI	39%
OAC	21%	OAC	22%
Nenhum Obstáculo	8%	Nenhum Obstáculo	33%
Realizaram Final mas não Inicial	5/18	Realizaram Inicial mas não Final	11/24
<b>B) Questionário Inicial (13 respondentes)</b>	<b>P</b>	<b>Questionário Final – (18 respondentes) Obstáculo</b>	<b>P</b>
OBO	31%	OBO	11%
OAI	38%	OAI	39%
OAC	23%	OAC	22%
Nenhum Obstáculo	8%	Nenhum Obstáculo	33%
Realizaram Final mas não Inicial	5/18	Realizaram Inicial mas não Final	0/13

2 estudantes que antes manifestaram OBO passaram a manifestar para OAC

1 estudante que antes manifestou OAC passou a manifestar OBO

2 estudantes que antes manifestaram OBO deixaram de manifestaram obstáculo



*Quadro 5.3 – Obstáculos presentes nas entrevistas (13 entrevistas realizadas) quando questionados sobre algo como “É, então vamos imaginar coisa, né, imagina que teve um amigo seu que se deparou com uma notícia, aí tinha a seguinte coisa na notícia: ‘cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino’. Aí ele começa a ler essa notícia e tal, aí chega um ponto que fala o seguinte: ‘só que tem um ponto, a gente não consegue enxergar o neutrino’. Aí ele volta pra você e fala: ‘caramba, como que pode isso, né? Falaram que tem essa partícula neutrino, mas não dá pra enxergar, como que eles sabem que tem ela mesmo?’ E aí, o que você responderia pra ele?” dados obtidos a partir do Quadro C.24*

<b>Obstáculos manifestados</b>	<b>Presença</b>
OAI	54%
OAC	8%
Nenhum obstáculo	38%

Notamos a partir do quadro 5.2 que ao longo da sequência é visível a queda da manifestação de OBO. Entretanto, por volta de 1/3 dos estudantes ainda não consegue identificar o princípio de funcionamento dos instrumentos científicos (OAI), número que passa a ser metade dos estudantes quando olhamos para as entrevistas no quadro 5.3.

Um dado curioso é sobre a presença e manutenção da validade da afirmação ser atestada por ser produzida por autoridades científicas (OAC). Na entrevista, o aluno 4 falou: **“Eu lembro que teve uma atividade que teve essa pergunta, foi, acho que a primeira que eu fiz foi essa. E aí eu coloquei que, tipo, por exemplo, falam que você não pode ser negacionista. [...]”**. Esse evento é um tanto curioso, pois a questão da confiança na ciência não teve destaque ao longo da proposta e o professor ao longo das aulas não trabalhou essa questão. E ainda, muitas vezes, o professor soltava frases como “pode ser que o cientista faça uma burrada (risada)” – tentando ilustrar o aspecto humano que faz parte do fazer científico. Provavelmente o estudante estava se referindo a uma atividade que aconteceu em um outro momento de sua vida escolar (durante ou pouco após a pandemia).

## **5.2.2 – Radiação e absorção**

O conceito de radiação foi apresentado inicialmente como algo pouco definido: haveria uma radiação capaz de ser considerada relevante durante voos de aviões e os raios ionizantes seriam certas partículas invisíveis capazes de descarregar as folhas de ouro do eletroscópio. Ao longo dos cartões, se percebe que, de alguma forma, poderiam se assemelhar à radiação do Sol, bem como serem emitidos por materiais terrestres. Eles também poderiam ser absorvidos pela água do mar ou pelo ar. Já na aula 4 e 5, o conceito é caracterizado como “[...] o deslocamento de energia por meio de partículas ou ondas. No caso do nosso detector, a energia cinética (energia associada ao movimento) do múon é transformada em energia eletromagnética, que compõe as ondas eletromagnéticas (ou

luz)<sup>96</sup>, sendo que o conceito também caracteriza a radiação da demonstração experimental “água que brilha no escuro”.

Há alguns indícios de que uma parte dos estudantes não compreendeu bem o que seria a radiação e a própria absorção. Os indícios seriam:

- Os OBO e os problemas na aquisição de informação no cartão do envoltório, do experimento do Wulf e do Pacini, no qual existe a absorção da radiação (ver seção 5.3.2).
- Trechos de entrevistas ao responder sobre a existência dos raios cósmicos:
  - Aluna 1: Ah, quem pode dizer que sim, né? Quem pode dizer que não? (risada). **Se eu for lá fora, quem me garante que não vai cair em mim?** Ele vai se dissolver em outras partes. Se dissolver entre aspas, né?”;
  - Aluno 5: “Eu não sei responder. Porque, tipo, pra mim esses raios cósmicos que você falou, vem lá de fora, entendeu? Pra mim, pra ele estar nesse ambiente aqui, eu acho... Posso estar falando bosta, mas eu acho meio complicado, não sei, entendeu? **Mas se fosse em um lugar aberto, em um ambiente aberto, eu acreditaria que estaria sim.**”

### 5.2.3 – Dificuldades práticas de usar o material

Apesar do método utilizado, o professor ainda mencionou na entrevista certos empecilhos em utilizar o material, notados a partir da entrevista:

00:01:18 (+19:55) Entrevistador

E aí para dar essas aulas daqui, quando você ia dar a primeira aula do projeto, né? Então, você ia pegar a primeira aula do projeto de Raios Cósmicos. Em média, assim, quanto tempo você gastava para preparar essa aula? Você preparou os slides e tal?

00:01:34 (+19:55) Professor

Eu tinha que fazer essa adaptação. Então, duas adaptações na realidade. Pegar o texto mais acadêmico, embora você pôs toda a forma didática lá, né? Para dar um norte ali. Mas eu tinha que pegar isso, fazer uma adaptação para a realidade nossa aqui. E a outra adaptação, ao meu estilo. Então, eu tinha que fazer essa adaptação. Então, normalmente, para cada aula que eu ia dar, assim, eu passava uma tarde toda ali, mexendo. Procurando figuras e tal, pegando, entender. E ventilar possibilidades de questões que poderiam ser levantadas. Dúvidas que poderiam surgir, né? Para poder ver se eu poderia estar ali à altura de responder no momento. Para não ser pego aí, né? "Ah, não sei." E aconteceu, por exemplo. Como que há essa interação da luz ultravioleta e da quinina? "Olha, eu vou ser sincero. Eu acho que deve ser isso e isso" teve, teve na base do achismo.

---

<sup>96</sup> Em retrospecto, percebemos que esse trecho poderia ter sido escrito de forma mais adequada do ponto de vista científico..

## 5.3 – Análise: granularidade fina

### 5.3.1 – Aula 1: Notícia de jornal e Problematizações

A notícia trata de uma **fenomenologia** inacessível no dia-a-dia, que se torna relevante por (i) estar sendo noticiada e (ii) causar danos à saúde. Tendo isso, o próprio **conceito** de radiação se torna alvo de dúvida dos estudantes, bem como **conceitos** relacionados (“Como barrar os raios cósmicos?” e “Por que ciclos solares mais amenos provocam um aumento dos raios cósmicos?”).

Na implementação, a turma A embora mais participativa, uma parcela estava dispersa. A turma B era mais passiva, mas mais concentrada. 22% dos estudantes citaram as aulas expositivas dentre os momentos que menos gostou; 6% dos estudantes citou essa notícia dentre os que mais gostou (Quadro C.1). O professor deu relevância a todos os elementos da notícia, trazendo explicações conceituais quanto à atividade solar, por exemplo. Isso ilustra que é necessário refletir e explicitar o papel da notícia. O professor enfatizou também que as partículas mostradas são uma ilustração, que não dá para ver a olho nú. “Precisamos de um detector”.

Dos 13 entrevistados, apenas os **alunos 8, 9 e 10** citaram a notícia do jornal ao serem perguntados sobre o que aconteceu ao longo das 8 aulas. Isso pode indicar que a notícia falhou em iniciar a conversa com os estudantes, que quase sempre citavam a atividade dos cartões como o ‘primeiro acontecimento das aulas’.

### 5.3.2 – Aula 2 e 3: Atividade dos Cartões

Neste caso, acreditamos ser pertinente, para além das categorias (obstáculos) identificar também outros conjuntos de informações que expressam características diversas. Eles estão expressados no quadro 5.5, em que notamos que mais de 75% dos entrevistados nunca haviam feito uma atividade desse tipo, sendo que 80% dos estudantes não consideraram que as informações de um cartão poderiam estar em dois modelos diferentes. 20% dos estudantes compreenderam que na folha de comparação dos modelos deveriam colocar qual foi o cartão “mais legal”, sendo que no quadro 5.6 notamos que 40% dos estudantes não compararam os modelos.

Por outro lado, durante a entrevista o professor afirmou<sup>97</sup> que trabalha bastante leitura de texto, realizando a produção de ‘textos a quatro mãos’ e que agora com o currículo em ação<sup>98</sup> “É, eu trabalho muito pesquisa e escrita. É uma forma até dele treinar, saber selecionar o que foi pedido, né? Saber procurar. E depois, em cima, né? Muitas vezes, o que conheceu, o que deu, tem que fazer uma produção. Tá trabalhando um pouco isso também.”

Portanto, podemos inferir que o **OTAP** aqui se manifesta mais pelo tipo de comando fornecida (leitura de cartões, escrita de informação e comparativa), do que pelo fato dos estudantes estarem realizando uma atividade que envolve leitura e interpretação de texto na aula de física. Também existe a hipótese de que seja algum outro obstáculo relacionado a uma compreensão de que a ciência evolua de forma linear, na qual seria impossível um fato corroborar para duas propostas diferentes, denominado **OEU**. Entretanto, parece ser mais plausível a nossa primeira afirmação, dado haver também problemas na comparação.

80% dos estudantes tiveram problema com o tempo, sendo que a atividade deveria inicialmente durar 45 minutos. O problema no tempo é citado na entrevista e no questionário final por um estudante como aspecto negativo da atividade.

*Quadro 5.5 – Presença (P) dos conjuntos que expressam características diversas quanto a didática. CC: Condição de Contorno, DPF: Dificuldade devido à Problema na Formulação, CP: Característica Positiva.*

<b>Conjuntos que expressam características diversas</b>	<b>Tipo</b>	<b>P</b>
Nunca haviam feito uma atividade desse tipo	CC	75%
Entrevistados que mencionam trabalho em grupo	CC	54%
Realizaram a atividade em grupo	CC	100%
Presença de trabalho colaborativo para a concretização de ideias	DPF	31%
Tiveram problema com o tempo	DPF	80%
Citaram na entrevista problema com o tempo	DPF	8%
Possuíam clareza do problema a ser enfrentado	CP	100%
Reação positiva ao eletroscópio	CP	100%
No questionário final citou explicitamente como o momento que mais gostou	CP	45%
No questionário final deu a entender como o momento que mais gostou	CP	67%
No questionário final citou como o que menos gostou	-	10%
Não compreensão de que deveriam subsidiar dois modelos diferentes.	OTAP	20%
Não considerar que um dado pode corroborar dois modelos distintos.	OTAP ou ORL	80%
Colocam apenas o título do cartão na folha	OTAP	10%
Não encaixam explicitamente os cartões em cada modelo	OTAP	10%

<sup>97</sup> Trecho da entrevista: minuto 9:13 (+19:55)

<sup>98</sup> Currículo em Ação é o nome dado a uma parte da implementação do currículo paulista nas escolas estaduais de São Paulo.

Compreendem que a dissertação deveria ser o que achou “mais legal”. | OTAP | 20%

Quadro 5.6 – Presença de categorias diversas durante a comparação entre os modelos

<b>Categoria e Conjuntos que expressam características diversas</b>	<b>Presença</b>
Não compararam os modelos.	40%
Critério para comparação ser a adequação empírica.	60%
Comparam os modelos	40%
Concluíram que a radiação é terrestre:	10%
Critério de comparação ser metodológico:	10%
Critério da comparação ser apenas o experimento crucial:	30%
OBO	10%
OEC	10%
ORI	30%
ORL	20%
OTAP	20%
Nenhum obstáculo	40%

Do ponto de vista epistemológico, além do quadro 5.6, dentre os oito obstáculos identificados, notamos no quadro 5.7 que os mais presentes foram o **ORL**, no qual os estudantes ficavam limitados a uma interpretação superficial e descritiva dos cartões, gerando explicações insatisfatórias, e o **ORI**, no qual tiravam conclusões que são ilógicas frente aos dados fornecidos. O terceiro mais presente foi o **OAC**, na qual a validade da informação era unicamente devido a fala ser de um cientista. O fato da didatização ter evitado a utilização de analogias e de excesso de propriedades ao falar do raio ionizante não se mostrou como um grande problema, embora existam manifestações do **OBO**, especialmente nos cartões que era relevante os estudantes imaginarem qual era o “trajeto” realizado pela radiação ionizante.

Quadro 5.7 – Presença (P) dos obstáculos nas anotações sobre cada cartão.

<b>Cartão 1</b>		<b>Cartão 2</b>		<b>Cartão 3</b>		<b>Cartão 4</b>	
Obstáculos	P	Obstáculos	P	Obstáculos	P	Obstáculos	P
OTAP	-	OTAP	-	OTAP	-	OTAP	-
ORL	-	ORL	40%	ORL	10%	ORL	30%
ORI	10%	ORI	50%	ORI	20%	ORI	40%
OEC	-	OEC	10%	OEC	-	OEC	-
OBO	-	OBO	10%	OBO	-	OBO	30%
OAI	-	OAI	-	OAI	-	OAI	-
OAC	70%	OAC	-	OAC	-	OAC	-
OEU	-	OEU	-	OEU	-	OEU	-

Sem info.	20%	Sem info.	20%	Sem info.	20%	Sem info.	30%			
Cartão 5		Cartão 5 (questionário)		Cartão 6		Cartão 7				
Obstáculos	P	Obstáculos	P	Obstáculos	P	Obstáculos	P			
OTAP	-	OTAP	-	OTAP	-	OTAP	-			
ORL	50%	ORL	50%	ORL	20%	ORL	10%			
ORI	30%	ORI	6%	ORI	30%	ORI	-			
OEC	20%	OEC	-	OEC	-	OEC	-			
OBO	10%	OBO	-	OBO	20%	OBO	-			
OAI	-	OAI	-	OAI	-	OAI	-			
OAC	-	OAC	22%	OAC	-	OAC	-			
OEU	-	OEU	11%	OEU	-	OEU	-			
Sem info.	-	Sem info.	-	Sem info.	10%	Sem info.	30%			
<b>Somatória das porcentagens</b>	ORL: 210%		ORI: 186%		OAC: 92%		OBO: 70%		Sem info: 130%	
	OEC: 30%		OEU: 11%		OAI: 0%		OTAP: 0%			

Quadro 5.8– Obstáculos evidenciados durante as entrevistas ao abordar a atividade dos cartões.

Obstáculos	Presença
OTAP	15%
ORL	8%
ORI	23%
OEC	23%
OBO	15%

Para a compreensão do Quadro 5.7, lembramos dois aspectos: (i) é possível manifestar diferentes obstáculos numa mesma situação (na mesma anotação sobre um cartão) e (ii) é possível que os estudantes não manifestem nenhum obstáculo. Notamos que existe um número significativo da categoria “Sem Informação”, que é uma forma diferente de não manifestar nenhum obstáculo – nesse caso, os estudantes não escreveram nenhuma informação sobre o cartão. Os 20% presentes em quase todos cartões aparecem devido a, provavelmente, um **OTAP**, uma vez que talvez os estudantes não tenham compreendido o que deveriam ter anotado. A grande presença de **ORI** pode ser devido ao fato de os estudantes tentarem impor que os cartões façam parte de ou do modelo terrestre ou do modelo extraterrestre, realizando então conclusões que não seriam possíveis. Se isso for verdade, o **ORI**, em alguns casos, na verdade seria **OEU**.

Quanto ao **cartão 1**, notamos a presença do **OAC**, o que já é “induzido” pela própria formulação do cartão. A alternativa a isso seria simplesmente os estudantes inferirem que a radiação poderia ser terrestre ou extraterrestre, sem trazer a opinião do cientista.

Quanto ao **cartão 2**, por um lado notamos um grande número de estudantes que manifestaram o **ORI**, concluindo que a radiação **deve** ser terrestre ou que **deve** ser

extraterrestre, ou estudantes que manifestam o **ORL**, que não conseguem extrair nenhuma informação para além do que está escrito. Notamos também que parte dos estudantes tiveram dificuldade de compreender o que é envoltório.

Quanto ao **cartão 3**, notamos que os estudantes manifestaram poucos obstáculos, dentre eles, 20% fez extrapolações indevidas e 10% não conseguiram extrair muita informação dele.

Já quanto ao **cartão 4**, 40% dos estudantes manifestaram o **ORI** na medida em que afirmaram (ao invés de tomar como uma possibilidade) de que seja terrestre ou extraterrestre. 30% não conseguiu extrair alguma conclusão (**ORL**) e outros 30% assumiram certas propriedades e comportamentos dos raios ionizantes que não seriam dedutíveis a partir do cartão (**OBO**).

Nós tínhamos bastante expectativa de dificuldade com relação ao **cartão 5**, que se concretizou como o cartão com ampla diversidade de obstáculos, sendo bastante citado pelos estudantes durante a entrevista. 50% dos estudantes não conseguiu extrair alguma conclusão dele, enquanto que outros 30% extraíram alguma conclusão incorreta. Outros 20% manifestaram conceitos incorretos. Esse é o único cartão que todos os estudantes forneceram alguma informação. Colocamos esse cartão também no questionário final – nesse formato individual, novamente, 50% dos estudantes não conseguiram extrair alguma conclusão, mas as conclusões incorretas diminuíram significativamente (6%). Curiosamente, 22% dos estudantes manifestaram no questionário final que, nesse cartão, os raios ionizantes deveriam ser terrestres pelo simples fato do posicionamento do Wulf, manifestando agora o OAC, que não apareceu durante a atividade em dupla.

Também no **cartão 5** temos de forma mais nítida o **Obstáculo da Explicação Única** (OEU), no qual os estudantes não reconhecem a possibilidade de haver uma outra explicação além daquela que anotam (terrestre ou extraterrestre). Esse fato pode ser pensado tanto do ponto de vista didático (que os alunos nunca fizeram uma atividade desse tipo), quanto epistemológico. A forma como a pergunta foi formulada e as respostas sugerem que, nesse caso, é mais o segundo.

O **cartão 6**, embora tenha também uma estrutura conceitual semelhante ao do cartão 5 (necessidade de imaginar o raio ionizante subindo ou descendo, parte sendo absorvida e parte sendo medida), manifestou menos obstáculos que o cartão 5. Talvez seja porque é mais simples, uma vez que a relação entre teoria e experimento no cartão 6 é corroborada, enquanto que no cartão 5 ela falha. Temos então 30% dos estudantes que extrapolaram conclusões ilógicas (**ORI**), 20% que não extraíram informação relevante (**ORL**) e 20% que se atrapalharam com relação aos próprios raios ionizantes (**OBO**).

Curiosamente, experimento crucial de Viktor Hess no **cartão 7** foi o que menos se manifestou obstáculo. Com isso, esse experimento ganha grande potencial de ensino – tem

relevância didática e epistemológica<sup>99</sup>. Os estudantes ainda por vezes acrescentavam que esse cartão “explicava” outros cartões, como o cartão 5 (do Wulf), fazendo assim uma relação entre os dados experimentais de ambos.

Quanto à impressão do professor, no questionário final ele pontuou que concordava muito que os estudantes “entenderam bem e realizaram adequadamente a atividade proposta”. Por outro lado, na entrevista, quando questionado sobre o momento que talvez mais precisasse ser readequado, falou sobre essa atividade: “Eu acho que provavelmente muitos ali devem ter escorregado muito nessa parte ali, que a gente tem alguns alunos que tem muita dificuldade de compreensão de texto. Então, tem muitos casos que a gente tem que dar um pouco mais mastigado, mas ali é uma coisa que eles vão ter que estar futuramente fazendo, pegar uma coisa, ler, tentar entender e em cima daquilo escrever alguma coisa.” Essa impressão de que os estudantes talvez tenham tido problemas pode ter sido induzida também devido ao pesquisador sugerir que era importante futuramente fazer a correção da atividade com os estudantes (durante a implementação).

### 5.3.3 – Aula 4 e 5: Câmara de Nuvens, Demonstração experimental e detector

#### Aula 4 – Câmara de Nuvens

A aula foi essencialmente expositiva, havendo momento para vídeos. Contrariamente à expectativa inicial (de que a câmara de nuvens despertava o interesse dos estudantes), os estudantes permaneceram relativamente apáticos (muito diferente da conduta frente ao eletroscópio, por exemplo). Talvez isso seja devido a câmara de nuvens ter sido em vídeo. Apenas a Aluna 3 citou a câmara de nuvens na entrevista, sendo comentada antes pelo entrevistador. O professor também pontuou no questionário dessa aula que: “No que se refere à câmara de nuvem se fosse possível realizar o experimento seria muito proveitoso. Mas em termos de tempo\* (para providenciar os materiais necessários) não foi possível realiza-la”. 8% dos alunos citou a fábula do elefante e a câmara de nuvens como o que mais gostou. Aqui também cabe o comentário de que 22% dos estudantes citaram as aulas expositivas como os momentos que menos gostou.

Essa foi uma das aulas em que o professor mais acrescentou conteúdo: uma fábula em que cegos devem dizer o que é um elefante (e cada um, a partir do tato, fala uma coisa); uma discussão sobre o chuveiro de raios cósmicos após a câmara de nuvens, comentando algo bem informativo sobre quais são as partículas. Principalmente quanto ao chuveiro de raios cósmicos, notamos a manifestação do **Obstáculo da Concepção Herdada**, na qual faz parte do ensino de raios cósmicos destrinchar de modo informativo as partículas que o

---

<sup>99</sup> No que se refere ao problema da atividade, Hess foi quem recebeu o prêmio Nobel, sendo um experimento reverenciado pela comunidade. Entretanto, se sabe que mesmo após seu experimento, houveram anos de discussão, especialmente com Milikan, que já era um grande cientista na época.



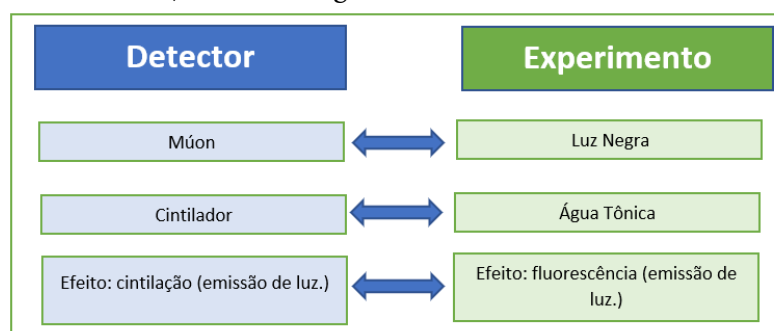
compõe. Apesar do método elaborado, o chuveiro não havia surgido como uma necessidade no processo de design. Na entrevista, quando indagado sobre o momento que “[...] os estudantes acharam melhor ou que você gostou mais?”, o professor respondeu:

*“Quando a gente **começa a fazer aquela transição**, né, pra começar a apresentar a ideia dos raios cósmicos. Porque aí você dá uma reviravolta, principalmente a gente falando, aquela coisa assim, poder entrar. Você tem que tomar cuidado pra não dar spoiler, né? Porque tinha muito disso. Não, mas essa coisa... tinha que se policiar muito pra não falar. Senão, acabava, né, entregando o ouro direto pro bandido. Aí, a partir do momento que já começou a poder usar o linguajar e apresentar a ideia dos raios cósmicos, eu achei bacana. **Porque aí você tira aquela ideia do eu acho, uma coisa tão vaga, pra entrar realmente na parte mais específica, que é o que a gente iria abordar, que era raios cósmicos, entrar de cara e coragem com ele mesmo. Aí isso foi interessante.**”*

## Aula 5 – Demonstração experimental e Detector

No questionário final dessa aula, o professor escreveu nos pontos positivos: “Positivo: as analogias propostas no experimento com água tônica e o detector;”. E também, 72% dos estudantes no questionário final citou como o momento que mais gostou. Apesar da popularidade, poderíamos pensar (i) o quanto os estudantes compreenderam a analogia e (ii) o quanto ela foi efetiva para os estudantes compreenderem que a detecção de uma partícula ocorre a partir dos efeitos gerados. Investigando (i), no questionário final colocamos a seguinte questão:

**Questão questionário final:** “Nas aulas anteriores, vocês entraram em contato com o experimento da “água que brilha no escuro”, em que o professor irradiou luz negra em um pote transparente com água tônica. A proposta era estabelecer uma analogia entre esse experimento e o detector, conforme figura abaixo:



Com base nisso, tente explicar qual era a analogia, explicitando o funcionamento dessa componente do detector.”

Dentre os que responderam, no quadro C.17, notamos que 33% apenas falou do efeito visualizado na demonstração experimental (ORL), 6% realizou uma confusão conceitual e

ontológica (OBO e OEC). Respostas adequadas foram encontradas tanto no questionário final, quanto em uma entrevista com a Aluna 3: *“É, porque ele fez a analogia com o... Cintilã? Cintilador! Que é... Não é um plástico, é muito mais que isso, mas é... A gente usou a água tônica como se fosse um cintilador pra gente poder ver o efeito acontecendo.”*

Por outro lado, parece que os estudantes extrapolaram pouco os resultados dessa analogia. Como vimos na seção 5.2.1, ao final, por volta de 1/3 dos estudantes ainda não conseguia identificar o princípio de funcionamento dos instrumentos científicos (OAI), número que passa a ser metade dos estudantes quando olhamos para as entrevistas no quadro 5.3.<sup>100</sup>

### **5.3.4 – Aula 6 e 7: Histograma a mão e com o Jupyter.**

Essa aula teve vários momentos de atividade, sendo que os estudantes pareceram ter pouca dificuldade em realiza-las. 33% dos estudantes citaram dentre os momentos que mais gostou, 6% dentre os que menos gostou. Embora, assim como as aulas 2 e 3, essas aulas sejam compostas essencialmente por atividades, o fato de haver pouca liberdade para os estudantes implicou em haver poucas manifestações de erros – e quando ocorreram, havia pouco espaço para compreendê-los mais a fundo. Em outras palavras, atividades mais quantitativas restringem as possibilidades de compreensão dos erros dos estudantes.

#### **Aula 6 – Histograma a mão**

Na atividade do histograma a mão, o professor variou o número de canais para cada dupla, o que pareceu ser positivo. Ele também passou a regra de Sturges, que pareceu ser um detalhe mais desnecessário. De modo geral, os estudantes se saíram bem, ainda que 22% tenham errado ligeiramente a forma de representar um histograma, deixando um espaço indevido entre os canais.

No questionário final, na questão “Na sua opinião, quais os casos em que é útil fazer um gráfico Histograma?” 11% dos estudantes deixou em branco, enquanto o restante deu respostas adequadas.

#### **Aula 7 – Histograma com o Jupyter.**

Nessa atividade, os estudantes utilizariam a plataforma Jupyter para analisar os dados. Pela primeira vez, o pesquisador teve que deixar o papel de observador para se tornar um “monitor”, ajudando na atividade. O pesquisador foi quem no geral solucionava as dúvidas dos estudantes, evidenciando a necessidade de haver um treinamento prévio com o professor. Na condução da aula, o professor imprimiu o roteiro fornecido e entregou para as duplas. Algumas duplas conseguiram se sair bem de forma autônoma, outras tinham

---

<sup>100</sup> Poderíamos dizer também que esse apego dos estudantes que afirmaram esse como o melhor momento, ao mesmo tempo que manifestam diferentes obstáculos, está associado ao que Bachelard (1938) chama de obstáculo da primeira experiência.

dúvidas sobre como realizar certos comandos (como copiar e colar). As duplas também interagiam entre si. Os problemas enfrentados pareceram ser devido a uma ausência de conhecimento específico dessa ferramenta incomum no ambiente escolar (**OTAP**).

A atividade tinha basicamente dois momentos. No primeiro, os estudantes deveriam gerar os histogramas. No segundo, deveriam responder algumas questões a partir dos histogramas gerados.

A fim de tornar o processo de gerar os histogramas menos mecânico e com pouca compreensão, para cada linha de código que os estudantes deveriam copiar e colar nós solicitávamos que escrevessem uma frase que manifestasse o que iriam fazer. Dentre as informações que os estudantes menos conseguiram explicitar o que estavam fazendo, temos: (a) importar bibliotecas e (b) converter de Timestamp para Datetime.

Após elaborar o histograma com o Jupyter, haviam quatro perguntas a serem respondidas:

- **“Há algum horário que exista uma variação significativa de detecções?”** 10% respondeu apenas “sim”, e 20% não responderam.
- **“Há alguma diferença no número de detecções entre esses dois dias?”** 10% respondeu apenas “sim”, e 20% não responderam.
- **“Quantas detecções aconteceram no horário X do dia Y?”** 20% deram respostas com afirmações incorretas sobre os dados e 30% não responderam.
- **“Vocês acreditam que nessa hora que passamos aqui na sala de aula, esse número todo de múons atravessaram cada um de vocês?”** 30% não responderam.

Na turma B, ainda que 7 estudantes não vieram na aula 6, isso não pareceu impactar negativamente nas respostas dos estudantes – um cenário provável é que talvez os estudantes já tivessem aprendido sobre histograma anteriormente. O aluno 7, durante a entrevista, falou: “Histograma. Histograma, é. Essa palavra é nova, assim. **Pra mim era gráfico em escala**, ele [o professor] falou isso também.”

## 5.4 – Urge a necessidade de mudar

A partir das análises realizadas nas seções 5.2 e 5.3, expomos no Quadro 5.8 as principais mudanças a serem realizadas no material e as principais razões que nos levaram a tomar essas decisões.

**Essas mudanças foram realizadas havendo comunicação com o professor implementador.** Nessa comunicação, propomos uma primeira versão do novo material e da nova sequência, apresentando os problemas que nos levaram a realizar tais mudanças (boa parte das manifestadas no quadro 5.8, mas em linguagem apropriada para a comunicação menos mediada por referenciais teóricos). Novamente, havia preocupação de trazer a

experiência do professor e de que o material fizesse sentido para a sua prática, então propomos questões que fossem dependentes desses aspectos. Sugestões de adição do professor serão explicitamente manifestadas no quadro 5.8. Alguns comentários que ele realizou sobre as mudanças serão colocados em nota de rodapé, embora ocultemos a maioria (que foram de apoio às mudanças). Uma das suas sugestões, para um trabalho futuro, seria criar um material do estudante e um para o professor – assim pouparia tempo de anotação do estudante, e daria mais subsídio para o professor lidar com algumas questões mais difíceis (esse aspecto, vale lembrar, está previsto no nosso método, na elaboração de cenários, embora não esteja tão presente no novo material proposto no apêndice D, sendo que futuros acréscimos serão necessários).

*Quadro 5.8– Aula 1: Notícia de Jornal e Problematizações - mudanças e razões críticas.*

<b>Mudança</b>	<b>Razão Crítica</b>
<p><b>Remoção</b> dos momentos 2, 3 e 4 (que buscavam responder aos problemas de quem formula esse conhecimento, explicando sobre a forma de pesquisar com aceleradores e detectores de raios cósmicos, havendo ênfase teórica e experimental).</p> <p><b>Adição</b> de momentos para discutir conceitualmente a emergência dos estudos sobre radiação no início do século XX, caracterizando os diferentes tipos de raios e o que seria absorção, com foco nos raios X e outros relacionados a saúde.<sup>101</sup></p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que o que realmente foi um problema para os estudantes estava mais na dimensão conceitual, da própria radiação. As problematizações propostas pouco engajaram com os estudantes, sendo que apenas três lembraram desse momento durante a entrevista. Um aprofundamento conceitual pode, inclusive, melhorar o desempenho na atividade subsequente.</p> <p>Na <b>dimensão ampla</b>, notamos que os conceitos de radiação e absorção permaneceram como problemas.</p>

*Quadro 5.9– Aula 2 e 3: Atividade dos cartões - mudanças e razões críticas.*

<b>Mudança</b>	<b>Razão Crítica</b>
<p><b>Adição</b> de um passo-a-passo para o professor elaborar (antes da aula) um eletroscópio.</p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que os estudantes reagiram positivamente ao eletroscópio, ainda que o efeito tenha sido simples e breve.</p>
<p><b>Adição</b> de um exemplo do que deve ser realizado na atividade, explicitando que os fatos podem, eventualmente, participar da formulação de dois modelos diferentes.</p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que parte dos estudantes tiveram dificuldade em identificar o que deveria ser anotado, sendo que 80% não considerou que os fatos poderiam estar presentes em dois modelos</p>

<sup>101</sup> Para o professor, a mudança na aula 1 começando com raio X é muito proveitosa por estar mais conectada à realidade do estudante. Os estudantes já fizeram exame de raio X, mas nunca andaram de avião. Ele acredita que a dificuldade conceitual do material está na medida adequada.

	diferentes. A grande presença de ORI também pode ser devido aos estudantes não compreenderem que cada cartão poderia participar de dois modelos diferentes, impondo que ele fosse parte de apenas um.
<b>Adição</b> de que os estudantes escrevam se a informação que anotam é <b>[compatível]</b> (isto é, apenas não é incoerente com a hipótese) ou se <b>[corrobora]</b> (isto é, além de ser coerente, é também um forte argumento a favor da hipótese).	Na <b>granularidade fina</b> , notamos em certos momentos (como no cartão 1), que é difícil inferir o que o estudante pensa sobre aquela informação que anotou – se simplesmente anotou porque devia anotar algo, ou se acredita que aquilo é um forte argumento (remetendo, por exemplo, à figura do cientista como uma autoridade (OAC).
<b>Alteração nos cartões:</b> ao invés de falar de descarregamento do eletroscópio, abordar como radiação incidente.	Na <b>granularidade fina</b> , em geral os estudantes tiveram dificuldade em extrair informação (ORL).
<b>Alterar o cartão 2</b> , retirando os nomes dos cientistas, deixando apenas a informação importante e inserindo uma imagem que ilustre o que é o envoltório.	Na <b>granularidade fina</b> , 40% dos estudantes não conseguiram extrair informação (ORL) e o conceito de envoltório surgiu como dúvida dos estudantes.
<b>Alterar o cartão 3</b> , retirando a expressão onda eletromagnética	Apenas para simplificação, dado o tempo que os estudantes demoraram na atividade.
<b>Inverter a numeração:</b> o cartão 2 será o cartão 3, e o cartão 3 será o cartão 2.	Talvez auxilie na compreensão para os estudantes que lerem os cartões na ordem (as informações do antigo cartão 3 talvez auxiliem a compreender o antigo cartão 2).
<b>Remover o cartão 4</b>	Na <b>granularidade fina</b> , notamos que muitos estudantes tiveram problema com o tempo. Esse é mais um cartão que corrobora os dois modelos. 30% tiveram dificuldades de extrair conclusão e outros 30% tiveram dificuldades conceituais. Hoje, com experimentos mais precisos, os resultados indicam que a atividade solar influencia sim na quantidade de raios cósmicos que são detectados (contrariando os resultados da época).
<b>Alterar o cartão 5</b> , alterar a afirmação da hipótese (b) de que existiria fonte na atmosfera para “existiriam outras fontes”. Simplificar a informação. Acrescentar uma imagem gráfica adaptada que ilustre o	Na <b>granularidade fina</b> , notamos que 50% dos estudantes não conseguiram extrair uma conclusão desse cartão (ORL), onde outros 20% manifestaram conceitos incorretos. 30% realizaram conclusões

<p>resultado que era esperado e o resultado que foi obtido. Inserir na ilustração da torre Eiffel os dois locais aonde foi realizado o experimento.</p>	<p>ilógicas. O excesso de informação no cartão, que intrinsecamente já é complicado, pode estar prejudicando ainda mais.</p>
<p><b>Alterar o cartão 6</b>, retirando a citação do Pacini, substituindo a sua foto por imagem gráfica que ilustre o resultado experimental e o teórico.</p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que 30% dos estudantes extraíram conclusões ilógicas, 20% não extraíram conclusão alguma e outros 20% tiveram dificuldade em imaginar o raio ionizante nessa situação. A citação, na qual existe um momento que afirma ser da atmosfera, complica a interpretação.</p>
<p><b>Alterar o cartão 7</b>, substituindo a foto do Hess por uma foto do gráfico das medidas coletadas.</p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que os estudantes compreenderam bem esse cartão, mas por falta de tempo 30% não anotou sobre esse cartão na folha.</p>
<p><b>Remoção do momento 4 e adição de uma aula após essas duas: situação didática envolvendo esse episódio.</b> Realizar uma correção mais dinâmica da atividade, problematizando em que sentido devemos compreender a autoridade científica.</p>	<p>Essa atividade se caracteriza como um momento a-didático, uma vez que ao propor o problema e até os estudantes chegarem ao resultado, o professor pouco intervém. Esse momento fecundo para o surgimento das ideias dos estudantes precisa ser sistematizado em seguida, com uma situação didática (onde o professor atua intensamente na relação de ensino-aprendizagem). Embora isso já fosse previsto no momento 4, coloca-la como uma “correção” parece ter minimizado a sua importância, bem como a forma como se dá é pouco interativa com as produções anteriores dos estudantes. Notamos que mesmo ao final da sequência, boa parte dos estudantes não compreendia o cartão do Wulf. Parte significativa dos estudantes manifestaram o obstáculo da autoridade científica.</p>

Quadro 5.10– Aula 4 e 5: Câmara de Nuvens, Demonstração experimental e detector - mudanças e razões críticas.

Mudança	Razão Crítica
---------	---------------

<p><b>Alterar o momento 1</b>, começando com a atividade da “pegadas”, em que os estudantes devem elaborar uma história que explique as pegadas observadas. Expor que a partir do rastro é possível criar uma explicação sobre algo que não conhece. Expor que toda detecção pressupõe uma interação. E então retomar as inferências de existência de partículas vistas anteriormente a partir dos efeitos (eletroscópio e saúde).</p> <p>No <b>momento 2</b>, sugerir com mais intensidade que é interessante que a câmara de nuvens esteja presente fisicamente.</p>	<p>Na <b>reunião com o professor</b>, ele sugeriu como proveitosa essa atividade da “pegadas” do caderno do estado de 2009. Com isso, melhoramos a recepção dos estudantes com relação ao <b>momento 2</b>.</p> <p>Na <b>dimensão ampla</b>, notamos que a ideia de que toda detecção pressupõe uma interação não foi bem compreendida pelos estudantes.</p> <p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que a câmara de nuvens, por ter sido utilizada em vídeo, parece ter tido pouquíssima relevância na formação dos alunos. Também notamos que os estudantes tiveram uma predileção por momentos mais de atividades do que de explicação.</p>
<p><b>Adicionar no momento 4</b> a ênfase de que toda detecção pressupõe uma interação, após a demonstração experimental.</p>	<p>Na <b>dimensão ampla</b>, notamos que a ideia de que toda detecção pressupõe uma interação não foi bem entendida compreendida pelos estudantes.</p>

Quadro 5.11– Aula 6 e 7: Histograma a mão e com o Jupyter - mudanças e razões críticas.

Mudança	Razão Crítica
<p><b>Realizar</b> previamente a atividade com o professor, para que ele se sinta autônomo para realizar essa atividade com os estudantes.</p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, o pesquisador teve que assumir um papel de monitor durante a atividade, resolvendo dúvidas dos alunos.</p>
<p><b>Elaborar</b> um material com uma síntese sobre a importação de biblioteca e da conversão do timestamp para datetime – <b>Ou</b>, na verdade, <b>trocar</b> o software de tratamento de dados.</p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que os estudantes pouco conseguiram anotar sobre isso.</p>
<p><b>Adicionar no roteiro</b> que está na plataforma Jupyter as perguntas que precisam responder. Alterar a pergunta de forma a deixar mais explícita a necessidade de fornecer informações mais precisas.</p>	<p>Na <b>granularidade fina</b>, notamos que por volta de 20% dos estudantes não responderam às perguntas, ou responderam de forma muito simples.</p>

## 5.5 – A nova sequência elaborada

Nessa seção, apresentaremos a 2ª versão do documento de apresentação em que, recapitulando, escreve-se em torno de uma folha para cada aula, contendo uma apresentação, que consiste em argumentar porque aquela aula é importante, os objetivos de aprendizagem (em tópicos) e os momentos da aula, que consiste em fragmentar a aula em torno de cinco partes, indicando o que deve acontecer. Uma versão inicial desse documento foi levada para discussão com o professor implementador, sendo que na versão aqui apresentada já consideramos as suas contribuições. Futuramente, pretendemos levar para apreciação do grupo mais amplo de raios cósmicos. O quadro 5.12 indica a organização e nomeação das aulas:

*Quadro 5.12 – Organização e nomeação das aulas:*

<b>Aula 1</b>	Introdução à física das radiações
<b>Aula 2 e 3</b>	O problema do descarregamento do eletroscópio
<b>Aula 4</b>	Compreendendo o início da pesquisa em raios cósmicos
<b>Aula 5 e 6</b>	A tecnologia da detecção
<b>Aula 7 e 8</b>	Explorando histogramas com o Jupyter

**O material didático correspondente ao redesign encontra-se no apêndice D.** A aula 7 e 8 ainda não foram alteradas, pois será repensada junto com o grupo mais amplo de raios cósmicos. Pretendemos encontrar novas formas de lidar com o software de interação (Jupyter).

Além disso, como uma segunda sequência a ser elaborada futuramente, indicamos no Quadro 5.13 o título das aulas, em que a primeira aula seria em seguida da última aula da 1ª sequência que analisamos nessa dissertação.

*Quadro 5.13 – Organização e nomeação das aulas de uma segunda sequência a ser aplicada:*

<b>Aula 9</b>	O que significa absorver múons? Aprendendo sobre decaimento a partir do caso do acidente com césio 137 de Goiânia
<b>Aula 10</b>	Como os múons são criados? discutindo o chuveiro de raios cósmicos
<b>Aula 11 e 12</b>	Formas alternativas de detectar múons: alterando a inclinação do detector.
<b>Aula 13 e 14</b>	O modelo padrão e a nova compreensão sobre a estrutura da matéria.
<b>Aula 15 e 16</b>	Elaboração de um relatório de pesquisa.



## APRESENTAÇÃO

Principalmente a partir da década de 90, diversas pesquisas em ensino de física passaram a defender a realidade dos estudantes como ponto de partida para a relação de ensino-aprendizagem, sendo que essa conclusão aparece em diversos documentos curriculares e permanece no atual currículo paulista. Dessa forma, se conecta as concepções prévias dos estudantes com a futura aquisição de conceito científico. Com esse contexto, **nesta aula** os estudantes devem conhecer os raios cósmicos a partir de seus impactos na realidade concreta, considerando uma notícia eletrônica que aborda problemas de saúde. Mas antes disso, partiremos de uma radiação “conhecida” pelos estudantes: os raios X. **Na próxima aula** os alunos aprendem sobre o início da pesquisa em raios cósmicos, explorando duas das outras questões levantadas. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir de critérios da comunidade científica, os estudantes deverão chegar à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres e não provenientes da Terra.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Reconhecer questões pertinentes à SEA elaborada: Como investigar o mundo invisível? O que é radiação? A radiação é perigosa? Há radiação extraterrestre?
- Entender a radiação eletromagnética a partir da perspectiva corpuscular (fótons de luz), tomando como exemplo o raio X.
- Entender como o raio X ioniza os materiais.
- Entender o que significa o raio X ser absorvido.

## PERCURSO

Momento 1	A partir do problema de como se identifica a gravidade de uma lesão (quebrar o braço, e etc.), chegar na necessidade de exames de raio X. Questionar os estudantes se já realizaram esse exame e descrever como esse exame acontece (o hospital, a máquina, o filme radiográfico obtido e o comportamento do médico durante o exame). Problematicar: como o filme é obtido e qual o perigo da radiação?
Momento 2	Explicar brevemente sobre a pesquisa de Roentgen dos raios X, descrevendo superficialmente os materiais e a observação de que, apesar de ter colocado materiais no meio do caminho, a radiação atravessava o material, fazendo a folha fluorescente brilhar. Contar sobre o deslize de sua mão e a verificação da silhueta de seus ossos na folha fluorescente e da imagem da mão de sua esposa.
Momento 3	Sistematizar a radiação como a propagação de energia, no caso através de partículas. Identificar os raios X como fótons de luz e explicar como se dá a formação da imagem nas chapas radiográficas: na época de Roentgen, os fótons atravessavam os materiais, provocando brilho no material fluorescente. Mas na parte em que os elementos químicos possuem relativamente muitos prótons (como nossos ossos), tem grande probabilidade desses fótons serem absorvidos pelos elétrons desses átomos, sendo absorvidos e provocando a ionização desses átomos.

<b>Momento 4</b>	Comentar brevemente que essa ionização que é um dos problemas da radiação, quando emitida em altas intensidades e por tempo prolongado (podendo destruir a ligação das moléculas do nosso DNA). Mas deixar claro que a dose do exame de raio X é segura. Indagar se acreditam existir outras radiações.
<b>Momento 5</b>	Ler uma notícia de jornal publicada eletronicamente sobre a relação entre raios cósmicos e a saúde ( <a href="https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/">https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/</a> ) A partir da notícia, levantar diversas questões pertinentes, buscando deixar os alunos curiosos. Dentre elas as questões: Qual é o perigo mencionado e como os cientistas sabem que existe radiação vindo do céu?

## APRESENTAÇÃO

**Na aula anterior** os estudantes aprenderam o que é radiação, absorção e ionização a partir dos raios X. A partir disso, conheceram os raios cósmicos a partir de seus possíveis impactos na saúde dos pilotos de avião. **Nesta aula**, os alunos aprendem sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir da explicitação de seus próprios critérios, devem chegar à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres e não provenientes da Terra. Dessa forma, os estudantes aprendem **a e sobre** a física. A atividade proposta se caracteriza como um momento a-didático, uma vez que ao propor o problema e até os estudantes chegarem ao resultado, o professor pouco intervém. Esse é um momento frutífero para os estudantes pensarem e explicitarem seu pensamento. Essa atividade explora o raciocínio científico por trás dessa pesquisa. **Na próxima aula**, esse momento a-didático fecundo para o surgimento das ideias dos estudantes precisa ser sistematizado com uma situação didática (onde o professor atua intensamente na relação de ensino-aprendizagem).

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Lembrar o que é radiação ionizante e carga elétrica.
- Aprender o funcionamento de um eletroscópio.
- Aprender que toda detecção pressupõe uma interação.
- Aprender um exemplo de como a ciência realiza generalizações: o descarregamento indefinido de um eletroscópio e a conclusão de que os raios ionizantes vêm do céu.
- Interagir teoricamente com aspectos da investigação científica, como a coleta de dados, previsão teórica, a idealização, a formulação de hipóteses e elaboração de modelos na prática científica.

## PERCURSO

<b>Momento 1</b>	Partindo do estudo da radiação na aula anterior, apontar que irão mergulhar na investigação de uma outra radiação, que se deu a partir do problema do descarregamento do eletroscópio.
<b>Momento 2</b>	Relembrar o conceito de átomo com seus constituintes mais simples. Apresentar o conceito de carga elétrica. Explicar um instrumento da época: o eletroscópio. Apresentar seu funcionamento e especificar bem um problema da época: o descarregamento do eletroscópio mesmo menosprezando a umidade do ar. Apresentar o desafio para os estudantes: Explicar de onde estão vindo os raios ionizantes.

<b>Momento 3</b>	<p><b>Apresentar a dinâmica da atividade:</b> Separados em duplas, os estudantes recebem um conjunto de cartões com fatos históricos que auxiliam na construção de dois modelos. O primeiro defende que os raios ionizantes vêm da Terra. O segundo, defende que os raios ionizantes são extraterrestres. A tarefa deles é, a partir de cada cartão, sintetizar em poucas linhas como aquele fato contribui para explicar que a radiação vem do espaço sideral ou que a radiação vem da terra.</p> <p>Ao final de ter utilizado todos os cartões, os estudantes devem realizar uma dissertação comparando os dois modelos, apontando qual é o melhor.</p>
------------------	---

### APRESENTAÇÃO

**Na aula anterior** os alunos realizaram uma atividade sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. A atividade proposta se caracteriza como um momento a-didático, uma vez que ao propor o problema e até os estudantes chegarem ao resultado, o professor pouco intervém. **Nesta aula**, realiza-se uma correção das atividades, tanto numa dimensão conceitual quanto do raciocínio científico. **Na próxima aula**, partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observam remotamente um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprendem sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), nomeadamente: cintilador e fotossensor.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Compreender as informações dos cartões (especialmente o 6, 5 e 4).
- Perceber que o cartão 3 poderia contribuir para os dois modelos.
- Compreender quais são os critérios que devem ser válidos da comunidade científica.
- Entender em que sentido devemos valorizar a opinião de um cientista e conclusão da ciência.

### PERCURSO

Momento 1	Resgatar que na aula anterior eles precisaram ao final escolher entre duas explicações. Indagar aos estudantes qual foi a escolha final, e porque escolheram ela.
Momento 2	A maioria dos estudantes indicará como argumento o experimento de Hess com balões, sugerindo que o modelo extraterrestre era o melhor porque conforme aumentava a altura, aumentava a radiação. Indicar então que esse é o critério da concordância com os dados experimentais, e que é um critério valorizado na comunidade científica. Indagar então aos estudantes, de que forma essa discussão (critério + cartão do Hess) se relaciona com o que extraíram dos outros cartões.
Momento 3	Começar uma discussão a partir do cartão do Pacini, que também é extraterrestre e também havia concordância com os dados experimentais. Entretanto, como o que ele estava medindo era mais o quanto estava sendo absorvido (ao invés do quanto aumentava a radiação), os cientistas não ficaram convencidos de que se podia afirmar que era extraterrestre. Discutir que o cartão 3 poderia contribuir para os dois modelos. Encaminhar então para a discussão do cartão 4, sobre o experimento da torre Eiffel. Indicar que existe uma concordância parcial com o esperado (considerando que é terrestre) – comparar com os dados de Hess também. Separar o palpite do Wulf e iniciar a discussão sobre o cartão 1. Indagar aos estudantes sobre o quão válido é esse palpite do cientista durante a pesquisa.

<b>Momento 4</b>	<p>Discutir com os estudantes que é necessário ter consciência do que é a ciência comunicada na sua fase final (aquela que se vê nos jornais), e o que é a ciência ainda na etapa de elaboração. Essa segunda, muitas vezes os cientistas possuem sua própria opinião (um <i>insight</i>), que é necessário para que ele conduza sua investigação. Mas essa opinião muitas vezes não tem muito subsídio – as vezes é apenas fruto de uma intuição, que pode vir de outros experimentos (como do cartão 2), mas sem subsídio suficiente para ser validada pela comunidade científica. É importante que os estudantes entendam a diferença entre existir a possibilidade de algo ser verdadeiro e de se concluir que algo é verdadeiro.</p>
------------------	---

## APRESENTAÇÃO

**Na aula anterior** os alunos compreenderam os critérios da comunidade científica no episódio do início da pesquisa em raios cósmicos e chegaram à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres. **Nesta aula**, partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observam um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprendem sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), dando enfoque para o cintilador, traçando uma analogia através de um experimento macroscópico. Desse modo, os estudantes devem aprender um modelo que explica a interação do múon com o detector. Essa forma de explicar a interação não utiliza do conceito de “troca de partículas” – é comum na prática científica a utilização de diferentes perspectivas sobre um mesmo aspecto (interação) dependendo da situação que está sendo modelizada. O modelo apresentado é inspirado nas discussões que ocorrem em livros de física experimental que discutem esse detector. **Na próxima aula** explora-se o Jupyter.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Novamente notar que toda detecção pressupõe uma interação.
- Aprender um modelo que explica a detecção do múon. Neste modelo, considera-se a interação do múon com o cintilador devido a sua carga elétrica, emitindo uma luz. A luz do cintilador interage com o fotossensor, produzindo um sinal elétrico que passa por um circuito eletrônico, e chega como uma mensagem em código binário ao computador, que com o auxílio de um software interpreta uma detecção.
- Aprender alguns benefícios do avanço tecnológico para a investigação científica.

## PERCURSO

<b>Momento 1</b>	Iniciar com a atividade das “pegadas” em que os estudantes devem elaborar uma história que explique as pegadas observadas. Expor que a partir do rastro é possível criar uma explicação sobre algo que não conhece. Retomar que, embora os raios cósmicos sejam invisíveis a olho nu, nós podemos verificar os efeitos de suas interações (eletroscópio e danos à saúde). Problematizar se seria possível detectar os raios cósmicos de forma mais direta.
<b>Momento 2</b>	Apresentar um vídeo sobre a câmara de nuvens (ou construir uma câmara de nuvens com os estudantes), explicando brevemente seu funcionamento. Apontar os benefícios (inferência das trajetórias das partículas) e as limitações dessa forma de detecção (sem dados quantitativos).

<b>Momento 3</b>	Apresentar que, visando superar o problema quantitativo, a tecnologia foi aprimorada. Introduzir que o nosso detector está imerso neste contexto. Apontar que toda detecção pressupõe uma interação e introduzir qual é a interação que ocorre no nosso detector: a interação entre o múon e o cintilador, ilustrando o fenômeno de fluorescência.
<b>Momento 4</b>	Realizar o experimento “Água de brilha no escuro”, em que os estudantes devem ver à nível macroscópico o fenômeno de fluorescência acontecendo. Explicitar qual é a semelhança entre esse experimento e o que acontece no cintilador. Explicitar que toda detecção pressupõe uma interação.
<b>Momento 5</b>	Apresentar alguns componentes do detector: cintilador, foto-sensor e a eletrônica. Apontar que a luz emitida pelo cintilador interage com o foto-sensor, que produz um sinal elétrico. Após passar por algumas outras componentes, sabemos que o múon passou por ali. Apontar que esses dados são transmitidos via wi-fi e ficam armazenados. Para lidar com esses dados e extrair informação a partir disso (por exemplo: contar quantos múons passaram em um dado horário) é importante a utilização de softwares. Apontar que na próxima aula iremos utilizar um deles.



## APRESENTAÇÃO

Na aula anterior partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observaram um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprenderam sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), através de uma demonstração, nomeadamente: cintilador e fotossensor. **Nesta aula**, explora-se o Jupyter, visando elaborar histogramas. Apresenta-se o que são histogramas e, utilizando os dados de detecção, elabora-se histogramas, interpretando suas informações. Ao invés de vivenciarem uma demonstração, os estudantes vivenciarão um experimento. É importante que, previamente, o professor realize as atividades que os estudantes irão realizar.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Aprender alguns comandos básicos que serão importantes para a elaboração dos histogramas.
- Elaborar um histograma à mão, utilizando um exemplo próximo dos estudantes.
- Elaborar um histograma (número de detecções em cada intervalo de horas) utilizando o Jupyter.
- Avaliar a utilidade de utilizar o histograma.

## PERCURSO

<b>Momento 1</b>	<p>Relembrar o que foi realizado na aula anterior, dando enfoque para a demonstração para entender o cintilador e citando as demais componentes do detector.</p> <p>Sensibilizar que para compreender o funcionamento da natureza, é necessário elaborar métodos de investigação, unindo a teoria com a prática. Citar alguns exemplos vistos na atividade dos cartões, especialmente o de Domenico Pacini.</p> <p>Levantar dois aspectos presentes no experimento de Pacini: a previsão teórica e o experimento em que se coletou dados.</p>
<b>Momento 2</b>	<p>Sensibilizar os estudantes de que a coleta de dados é uma etapa importante, mas é fundamental conseguir extrair informações desses dados. Para extrair informações, é necessário realizar o tratamento de dados, seguido por uma análise, utilizando conceitos da estatística.</p> <p>Apontar que, para entender uma das formas de fazer isso, farão um exemplo inicial, que consiste em montar um histograma em função das idades. O exemplo consiste em coletar um conjunto de idades e a partir disso montar um histograma</p>
<b>Momento 3</b>	<p>Refletir com os estudantes em que momento é útil um histograma.</p> <p>Retomar para o detector e relembrar o que ele faz. Apontar que nesse momento iremos utilizar os seguintes dados do detector: a detecção de que houve uma contagem, o dia e a hora em que ela aconteceu. Mostrar a tabela do excel com esses dados e perguntar para os estudantes: no dia 30, qual foi o horário que mais houve detecção de múons? Após respostas dos estudantes, apontar que apenas com a tabela é muito difícil responder. Por outro lado, montar um histograma a mão também será difícil.</p>

<b>Momento 4</b>	<p>Apontar que para solucionar esses problemas, é muito comum utilizar softwares que auxiliam nesse processo.</p> <p>Apresentar o Jupyter, dar uma noção de o que é o Python. Elaborar histograma com os dados coletados. Perguntar para os estudantes novamente em que horário do dia 30 havia mais detecções.</p> <p>Apontar que agora há todos elementos de um experimento científico: compreende-se o funcionamento do equipamento, realizou-se a coleta de dados, realizou o tratamento de dados através da elaboração de um histograma e se fez a análise dos dados para poder extrair informações.</p> <p>Apontar que caso tivesse mais aulas, outras informações poderiam ser extraídas e poder-se-ia compreender com maior profundidade a natureza da matéria. Finalizar a sequência.</p>
------------------	--

## Considerações finais

Nesta dissertação, investigamos os obstáculos didáticos e epistemológicos manifestados durante a implementação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (SEA) centrada em um detector de raios cósmicos. Entretanto, visando valorizar os resultados dessa investigação, não poupamos esforços em tentar fundamentar bem a parte teórica. Pensando no contexto da inovação curricular, nosso trajeto começou desde o texto curricular, passando pelo planejamento, a implementação e a análise dos resultados para enfim, voltar ao planejamento. A estrutura teórica e os resultados aqui discutidos sem dúvida serão de grande valor para a continuação e a intensificação da atuação do projeto nas parcerias com as escolas.

No esboço de texto curricular, nos esforçamos para defender algo que está presente nas propostas de FMC, mas cada vez menos no discurso: o valor de ensinar o próprio conhecimento científico. É somente considerando esse valor que a identificação dos obstáculos (em termos de conhecimento) se torna relevante, para assim, serem superados. O direito a educação e a diminuição da desigualdade educacional a partir do desenvolvimento intelectual (que ocorre a partir dos conceitos e da Natureza da Ciência), se tornaram as duas pautas principais desse texto curricular, ainda que inicialmente tenhamos defendido um currículo plural (e, naturalmente, contraditório), que desse conta de outras ênfases e, assim, de outras pautas.

Por outro lado, a sequência elaborada pode ter valor também para aqueles que são menos entusiastas do valor do ensino de conceitos científicos na educação básica. Isso porque a compreensão do processo de construção do conhecimento científico é um dos pilares da sequência. É nesse contexto que se explora também a Natureza da Ciência, que não está dissociada da investigação científica. Explorou-se principalmente o significado de observação.

De certa forma, o texto curricular que esboçamos estava condicionado pelo contexto no qual a dissertação se insere: detecções de raios cósmicos. Investigamos que os projetos de raios cósmicos possuem uma certa “tradição”, tanto em termos do planejamento das atividades, quanto nas intervenções que ocorrem – os atores constantes são físicos e professores de física, com eventuais participações de pesquisadores em ensino de física. Por outro lado, notamos uma grande lacuna em termos de pesquisas publicadas em ensino nessa temática.

Dado esse cenário, o próprio planejamento da proposta se tornou objeto de investigação. Adentrando na comunidade da SEA, buscamos compreender como ela organiza e realiza suas pesquisas, a fim de realizar também uma SEA, sem nunca perder de vista que ela é tanto um produto, quanto uma atividade de pesquisa. Tendo isso, o produto se deu a partir de diferentes princípios de design: a natureza da ciência e os modelos

científicos a partir do Ronald Giere, os obstáculos já encontrados na literatura, a concepção herdada do ensino de física de partículas, bem como as ênfases definidas a fim de promover o desenvolvimento intelectual dos estudantes. A partir da implementação desse produto, nossa atividade de pesquisa estava centrada em compreender os obstáculos epistemológicos e pedagógicos que foram manifestados – esses seriam os obstáculos ao desenvolvimento intelectual, partindo da premissa de que os problemas são os aspectos mais relevantes para o redesign. Um novo produto foi elaborado, onde buscamos deixar claro as razões críticas que nos levaram a tais mudanças.

Quanto a fundamentação teórica, apontamos que durante a resolução de um problema, se faz uso de um modelo, em que por vezes surgem erros identificados como obstáculos. Propomos então uma definição específica de obstáculo, baseada em Bachelard e Brousseau. A especificidade traz valor ao conceito, demarcando o que é e o que não é obstáculo. Para dar concretude ao conceito proposto, bem como mais significado, discutimos diferentes obstáculos identificados na literatura, e como eles seriam compreendidos na nossa abordagem.

Também apresentamos a discussão de modelos de Ronald Giere, bem como sua proposta de desenvolver o raciocínio científico na educação, utilizando episódios históricos compreendidos a partir de sua abordagem filosófica. Verificando que o ensino dos projetos de raios cósmicos por vezes utiliza da história da ciência para iniciar a discussão com os estudantes, identificamos a oportunidade de criar uma atividade didática que tivesse certo vínculo com as atividades já desenvolvidas nesses projetos, mas que fosse mais potente educacionalmente. Para isso, propomos como poderíamos compreender o episódio do início da pesquisa em raios cósmicos a partir desta filosofia. Isso foi base para a criação de uma das atividades.

Em termos de organização da colaboração, a atuação em dois níveis diferentes pareceu ser a forma ideal de elaborar as atividades – um mais interno, com os pesquisadores mais imersos nos fundamentos teóricos da SEA, e outro mais externo, com demais colaboradores (incluindo professores da educação básica). A fim de potencializar a participação dos demais colaboradores, pensar em problemas que eles pudessem contribuir se mostrou uma boa alternativa. Por outro lado, a implementação da sequência será tão melhor quanto mais a prática for uma práxis. Isso demanda que o professor seja consciente dos fundamentos teóricos da SEA, bem como se aproprie desse conteúdo científico, que é pouco conhecido na graduação e na educação básica. Para isso, o professor implementador participou de um minicurso específico, além de diversas reuniões.

Nas atividades produzidas, a mais original (que não possui correlata quando observamos as atividades produzidas nos diferentes projetos) foi a atividade dos cartões, que parece ser promissora por diferentes razões educacionais. Por trabalhar o raciocínio científico que leva à uma conclusão, ela possibilita o aprendizado conceitual e da natureza da ciência. Do ponto de vista da pesquisa, ela também é frutífera. Por ser uma situação

adidática (situação em que entre a proposição do problema e a conclusão dos estudantes, não é nítida a atuação do professor no aprendizado dos estudantes), ela permite aos estudantes expressarem suas representações de forma mais livre, permitindo inferir, afinal, quais são os obstáculos que impedem determinadas aquisições científicas. Como notamos no capítulo 5, as situações adidáticas fornecem mais dados para discussão sobre os obstáculos do que as situações didáticas.

Quanto às atividades desenvolvidas com o detector, notamos que a maior parte dos estudantes não tiveram problema em responder às questões propostas. Por outro lado, o uso do software evidenciou dificuldades, tanto para os estudantes quanto para o professor.

Dos obstáculos investigados, percebemos como por um lado os estudantes tiveram dificuldade de extrair informações, e por outro, extrapolaram o raciocínio de forma indevida. Esse obstáculo é ainda mais esperado pelo conteúdo científico ser da FMC: por se tratar de um mundo pouco presente na percepção de cotidiano dos estudantes, é difícil compreender seu comportamento. É necessário dosar o que que é contornável e o que precisa ser enfrentado. O conceito de radiação e absorção precisa ser enfrentado. O comportamento ondulatório dessas partículas, nesse momento, pode ser contornado.

Uma das principais constatações é que, mesmo após toda a sequência, alguns estudantes ainda não compreendiam o que significa observar uma partícula – ou, em outras palavras, o princípio de funcionamento de um detector (aspecto trabalhado em diferentes aulas). Na nossa abordagem, embora isso tenha sido trabalhado de forma explícita ao longo da sequência, não se explorou a polissemia da palavra observação, a fim de que os estudantes não memorizassem, mas que compreendessem. A compreensão pressupõe a apropriação e a articulação em situações diferentes daquelas vistas inicialmente, como as situações das perguntas nas entrevistas. Acreditamos que para melhorar esse aspecto, o caminho é trabalhar de forma explícita em mais situações, mas ainda evitando a memorização.

Uma outra surpresa foi o obstáculo da autoridade científica (no qual os estudantes alegavam, dentre outras coisas, que “não pode ser negacionista”). Ressaltamos o contexto pós-pandêmico no qual a atividade foi implementada. Seria interessante notar em futuras investigações se esse obstáculo será algo permanente ou foi meramente ocasional. A confiança na ciência é importante, mas a educação científica de qualidade não pode se restringir à uma confiança sem embasamento. O combate ao negacionismo, na forma como ocorreu, pode ter se transformado em um problema para o aprendizado da ciência.

Seria possível refletir o quanto o esforço teórico realmente foi importante e necessário para a SEA elaborada. Algumas atividades e a forma de conduzir são inovadoras, mesmo dentro do contexto do projeto de raios cósmicos, indicando caminhos frutíferos. Mas aonde é o ponto de saturação da parte teórica (se ele existe e se foi atingido)? Talvez uma pesquisa elaborada em um contexto de maior experiência (ou seja, mais avançado do que a de um mestrado), pudesse ter pulado algumas etapas de investigação teórica, e o próprio ciclo pudesse ter acontecido mais vezes – que é, talvez, o que há de maior valor na

SEA. Mas o espírito do jovem pesquisador<sup>102</sup> é inquieto, e as perguntas do sujeito por vezes tangenciam a da pesquisa, ocorrendo então os desvios – que não são lamentados, mas que poderiam ou não ter acontecido. No fundo, a pesquisa envolve um conjunto de escolhas e identificar as verdadeiras causas do resultado final talvez seja impossível.

Apesar de estarmos deixando de fora da análise as manifestações positivas com relação ao aprendizado, cabe aqui deixar registrado alguns comentários positivos dos estudantes quanto ao projeto.

*Quadro 1 – Comentários positivos dos estudantes sobre o projeto quando perguntados algo como “Quer deixar algum comentário final?” durante as entrevistas*

00:13:30	Aluna 1	Foi muito maravilhoso e se pudesse mil vezes iria em outras coisas da física também, que é muito legal. Muito bem. Muito obrigada, né, por explicar e mostrar coisas novas pra gente.
00:08:16	Aluna 3	Achei bastante legal essas aulas que tiveram e também achei bastante dinâmica e... Que não teve só a parte teórica, teve também a prática pra comprovar o ponto. Achei legal. Legal.
00:09:16	Aluno 1	Foi bom o projeto, deu pra entender melhor. É, ter mais conhecimento.
00:12:27	Aluno 2	Eu gostei bastante dos experimentos, entendi um pouco mais sobre os raios cósmicos, radiação. Era uma coisa que eu tinha curiosidade e tinha um montão de dúvida. Ai deu pra dar uma entendida.
00:09:53	Aluno 3	Não, bom, eu gostaria de comentar que essas, assim, essas oportunidades, essas iniciativas, que principalmente o professor Carlos, que eu vejo que ele tem bastante disso, traz pra dentro da escola, é muito interessante, muito interessante mesmo, porque é igual eu falei, mostra que ele tá interessado com a gente, mostra que ele tá empenhado em ajudar a gente, né. E eu acho que os projetos são cada vez mais interessantes pra escola mesmo.
00:08:55	Aluno 8	Olha, eu gostaria muito de ter tido uma oportunidade dessa antes, porque eu acho que aproveitaria bem melhor, porque agora já está no final do ano, é meu terceiro ano também, eu não vou ter outra oportunidade dessa na escola, porque eu não tenho mais em escola. Acho que se eu tivesse isso no primeiro ano, por exemplo, eu aproveitaria bem mais, e eu acho que isso faria eu me interessar mais pela matéria, do que eu já me interesse hoje.
00:09:22	Entrevistador	Saquei. Da hora. E aí, tu acha que é mais pelo tema que é abordado, ou pela forma que é abordada?
00:09:30	Aluno 8	

<sup>102</sup> Agora ao final do trabalho, encontrei por acaso algumas anotações que havia feito pensando na entrevista para o processo seletivo do mestrado. Meus interesses de pesquisa naquela época eram: afinal, por que ensinar física moderna no ensino médio? – mais especificamente, com foco no conhecimento (pois na minha IC, constatei que a maior parte dos trabalhos eram assim). Também havia interesse na formação de professores (relacionado a outra IC que havia feito). E ainda, eu queria investigar: “quais barreiras devem ser superadas para que o ensino de física seja ensinado com enfoque epistemológico?”. Em retrospectiva, mesmo que inconsciente, minhas pretensões foram contempladas.

---

Olha, o tema e a forma também, mas acho que bem mais pela forma.

---

00:13:19 Aluno 9

Bom, acho que não tem nenhum, só o que podiam aumentar ou botar mesmo na escola essa matéria, porque pelo menos por mim eu achei muito interessante.

---

Talvez essas manifestações sejam a justificativa mais importante para a existência de um projeto como esse: **a democratização do acesso à educação de qualidade que, para além de um princípio, é uma demanda.**

# Referências

- ADÚRIZ-BRAVO, A. Teaching the Nature of Science with Scientific Narratives. **Interchange**, v. 45, n. 3-4, p. 167-184. nov. 2014
- ANGELIS, A. Atmospheric ionization and cosmic rays: studies and measurements before 1912. **Astroparticle Physics**, v. 53, p. 19-26, 2012.
- ARAUJO, Denise Lino; O que é (como se faz) sequência didática? **Entrepalavras**, v.3, n.1, p. 322-334, 2013.
- ATKIN, J.M. BLACK, P., **Changing the subject: innovations in science, maths and technology education**. Routledge. 2005
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, v. 314, 1ª edição [1996]. 1938
- BAGDONAS, Alexandre. **Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em sequências didáticas sobre cosmologia**. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 242-260, 2014.
- BARDEEN, M. et al. The QuarkNet/grid collaborative learning e-Lab. **Future Generation Computer Systems**, v. 22, n. 6, p. 700-708, 2006.
- BARDEEN, M. WAYNE, M. YOUNG, M. J. Quarknet: A unique and transformative physics education program. **Education Sciences**, v. 8, n. 1, p. 17, 2018.
- BARROS, K.C.T.F.R.; FERREIRA, H.S. Uma análise da produção científica nacional em ensino das ciências relacionadas às sequências de ensino aprendizagem (teaching learning sequences - tls) na perspectiva de méheut. **XI Congreso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias**. 2013.
- BOMTENS, V. **Bachelard**. Tradução de Nícia Adan Bonatti. 1. Ed. São Paulo: Estação Liberdade, 2017.
- BONI, V., & QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Em tese**, 2(1), 68-80. 2005.
- BROCKINGTON, G., & PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?. **Investigações em Ensino de Ciências**, 10(3), 387-404. 2005



- BROUSSEAU, G. Fundamentos e métodos da Didáctica da Matemática. In BRUN, J. **Didáctica das Matemáticas**, tradução de Maria José Figueiredo, v. 7, n. 2, p. 35-113, [1996] 1986.
- BROUSSEAU, G. **Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas**. Buenos Aires: Libros del Zorzal, 2007, 128 p. Tradução de Camila Bogéa. Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2008
- BROWN, A. L. Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **The journal of the learning sciences**, 2(2), 141-178. 1992
- BROWN, Laurie M.; HODDESON, Lillian (Ed.). **The birth of particle physics**. CUP Archive, 1986.
- BUSTAMANTE, M. C. A descoberta dos raios cósmicos ou o problema da ionização do ar atmosférico. **Revista Brasileira do Ensino de Física**. v. 35, n. 2. 2013
- BUTY, C., TIBERGHIE, A., & Le MARÉCHAL, J. F. Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. **International Journal of Science Education**, 26(5), 579-604. 2004
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 765-794. 2018
- CHAKRAVARTTY, A., **Models of Knowledge Transfer: Science in Society – Anjan Chakravartty**. 2021. (1h38m00s) Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=OJcz52cHb88>>. Acesso em 20 de março de 2022.
- COLL, R. K., FRANCE, B. & TAYLOR, I. The role of models/and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**. v. 7, n. 2. p. 183-198. 2005.
- COLLE, J. LASCARIS, E. TÁNCZOS, I. The HiSPARC Project; Science, Technology and Education. In **AIP Conference Proceedings**, vol. 944, No. 1, pp. 44-50. American Institute of Physics. 2007
- COLLINS, A. Toward a design science of education. In: **New directions in educational technology** (pp. 15-22). Springer, Berlin, Heidelberg. ANDERSON & SHATTUCK, 2012). 1992
- COLLINS, A., JOSEPH, D., & BIELACZYK, K. Design research: Theoretical and methodological issues. **The Journal of the learning sciences**, 13(1), 15-42. 2004

- COSMICO. Rede de colaboração científica entre escola e universidade: as práticas das ciências na perspectiva dos estudos experimentais em raios cósmicos - chamada **MCTIC/CNPq** No 05/2019: Programa Ciência na Escola. 2019
- COSTA, Marcia. **Experimentos históricos em ambiente virtual: uma abordagem histórico-didática a respeito da teoria eletrofraca para o estudo de física de partículas no ensino superior**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.
- COUSO, D. Participatory approaches to curriculum design from a design research perspective. In **Iterative design of teaching-learning sequences** (pp. 47-71). Springer, Dordrecht. 2016
- CUNHA, R. B. Alfabetização Científica ou Letramento Científico? Interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy\*. **Revista Brasileira de Educação**. Vol. 22, nº 68, p. 169-184. 2017.
- DAM, K. V. *et al.* The HiSPARC experiment. **A Nuclear Inst. and Methods in Physics Research**. Vol. 959, pp.1-17, 2020.
- DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE [DBRC]. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational researcher**, 32(1), 5-8. 2003
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R., & SCOTT, P. **Young peoples's images of science**. Buckingham, UK: Open University Press. 1996
- DUSCHL. R. A.; GRANDY, R. Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2109-2139. set. 2013.
- DUTRA, L. H. A. **Pragmática de Modelos: Natureza, estrutura e uso dos modelos científicos**. São Paulo: Edições Loyola. Coleção Filosofia. 2013.
- FEEST, U. & STURM, T. What (Good) is Historical Epistemology? Editors' Introduction. **Erkenntnis**, v. 75, p. 285-302, 2011.
- FLORES, M.A., & FLORES, M. O professor – agente de inovação curricular. Braga: Centro de Estudos em Educação e Psicologia da Universidade do Minho. **Texto policopiado**. 1998
- GHIDINI, J. P. *et al.* O ensino de Física e a prática da ciência: aproximando-os com filosofia de modelos científicos no caso da Física de partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 3, 2021.
- GIERE, R. N. **Understanding scientific reasoning**. Toronto: Thomson Wadsworth. 3º ed. 1991.

- GIERE, R. N. **Explaining Science: A cognitive approach**. The University of Chicago Press, Chicago. 1998
- GIERE, R. N. A new framework for teaching scientific reasoning. **Argumentation**, v. 15, n. 1, p. 21, 2001.
- GIERE, Ronald. **Scientific Perspectivism**. The University of Chicago Press, Chicago. 2006.
- GIERE, R. N. An agent-based conception of models and scientific representation. **Synthese**, v. 172, n. 2, p. 269, 2010.
- GIGLIETTO, N. The contribution by Domenico Pacini to the Cosmic Ray Physics. **Nuclear Physics B**. 2011
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C. (Ed.). **Developing models in science education**. Springer Science & Business Media, 2000.
- GIORDAN, Marcelo; GUIMARÃES, Yara A. F.; MASSI, Luciana. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1-13. 2011.
- GOLDFARB, S. International Particle Physics Outreach Group: Reaching across the globe with science. In: **EPJ Web of Conferences**. EDP Sciences, 2020
- GOMES, Fernanda Alexandrina Queiroz. **A Masterclass hands on em física de partículas como Atividade de formação de cientistas por um dia**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. 2018
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental models, conceptual models, and modelling. **International journal of science education**, v. 22, n. 1, p. 1-11, 2000.
- GUERRA, A., & MOURA, C. B. D. História da Ciência no ensino em uma perspectiva cultural: revisitando alguns princípios a partir de olhares do sul global. **Ciência & Educação (Bauru)**, 28. 2022
- GURGEL, I. Reflexões Político-Curriculares sobre a Importância da História das Ciências no Contexto da Crise da Modernidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 333-350, ago. 2020.
- HERNÁNDEZ, M. I.; PINTÓ, R. The process of iterative development of a teaching/learning sequence on acoustic properties of materials. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. p. 129-166, Springer 2016.

- HESS, V. On the observations of the penetrating radiation during seven balloon flights. **arXiv preprint arXiv:1808.02927**. Translated and commented by ANGELIS A. and SCHULTZ, C. A. B. [2018], 1911.
- HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. In: CONRADO, D.M., and NUNES-NETO, N. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas [online]**. Salvador: EDUFBA, pp. 27-57. 2018
- HOLBROOK, J. RANNIKMAE, M. The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. **International Journal of Science Education**. Vol. 29, nº 11, pp. 1347-1362, 2007.
- HORANDEL, J. R. Early Cosmic-Ray Work Published German. **Centenary Symposium 2012: Discovery of Cosmic Rays**, June, Denver, 2012.
- JUTTI, D., LAVONEN, J. & MEISALO, V. Pragmatic Design-Based Research – Designing as a Shared Activity of Teachers and Researches. In D. PSILLOS & P. KARIOTOGLOU (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. 35-46. Springer 2016
- KABAPINAR, F., LEACH, J., & SCOTT, P. The design and evaluation of a teaching-learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students. **International journal of science education**, 26(5), 635-652. 2004
- KELLY, A. Design Research in Education: Yes, but is it Methodological? **The Journal of the Learning Sciences** 13(1), 115-128. 2004
- KELLY, A. E., LESH, R. A., & BAEK, J. Y. (Eds.). **Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching**. Routledge. 2008
- KIMBALL, M. E. Understanding the Nature of Science: A Comparison of Scientists and Science Teachers. **Journal of Research in Science Teaching**. Vol. 5, p. 110-120. 1967
- KLOTZ, I. M. **Diamond dealers and feather merchants: Tales from the sciences**. Birkhäuser, 1986.
- KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, 2017.
- KOMOREK, M; DUIT, R. The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 619-633, 2004.

- KORTLAND, K., & KLAASSEN, K. (Eds.). **Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education**: Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as professor of physics didactics at Utrecht University. CDBeta Press. 2010
- KRAGH, H.; **Quantum Generations**: A History of Physics in the Twentieth Century. Princeton University Press. 1999.
- KRASILCHIK, Myriam. A evolução no ensino de ciências no período de 1950 a 1985. In: **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Perspectiva. 2018
- LANDA, I. *et al.* Scientific Perspectivism in Secondary-School Chemistry Education: Integrating Concepts and skills in Chemical Thinking. **Science & Education**. 29, p. 1361-1388, 2020
- LEACH, J., AMETLLER, J., & SCOTT, P. Establishing and communicating knowledge about teaching and learning scientific content: The role of design briefs. **Designing theory-based teaching-learning sequences for science education**, (s 7), 35. 2010
- LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, Present, and Future. In: **Research on Science Education**, ABELL, S. K. LEDERMAN, N. G. (Eds). Routledge, New York, USA. p. 831-879. 2007.
- LEISOS, A., *et al.* Hellenic Lyceum Cosmic Observations Network: Status Report and Outreach Activities. **Universe**. 2018a
- LEISOS, A., *et al.* The Hellenic open university cosmic ray telescope: research and educational activities. **EPJ Web of Conferences**. vol. 182. 2018b.
- LERDERMAN, N. G. La simple cambiante contextualización de la naturaliza de la ciência: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica em los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica. **Enseñanza de las ciências**, 36(2), p.5-22, 2018.
- LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo, SP. 3º ed. Editora 34, 2010
- LIJNSE, P. L. “Developmental research” as a way to an empirically based “didactical structure” of science. **Science education**, 79(2), 189-199. 1995
- LIJNSE, Piet; KLAASSEN, Kees. Didactical structures as an outcome of research on teaching–learning sequences? **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 537-554, 2004.

- LIMA, N. W., & NASCIMENTO, M. M. Not only why but also how to trust science: reshaping science education based on science studies for a better post-pandemic world. **Science & education**, 1-20. 2022
- LOUKOMIES, A. et al. Design and development of teaching-learning sequence (TLS) materials around us: description of an iterative process. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. p. 201-231, 2016.
- MACHADO, J., & FERNANDES, B. L. P. Model Conceptions in Science Education Research: features and trends. **Ciência & Educação (Bauru)**, 27. 2021.
- MARTINS, R. V. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 27-45, 1990.
- MÉHEUT, M. Teaching-Learning Sequences Tools for Learning and/or Research. In K. BOERSMA *et al.* (Eds.) **Research and The Quality of Science Education**. 195-207. Springer, Dordrecht. 2005
- MÉHEUT, M; PSILLOS, D. Teaching-Learning Sequences: aims and tools for Science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004.
- MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? **Ciência & Educação**. Bauru, v. 26, e.20003, 2020.
- MENEZES, L. C. Ensino de Física: reforma ou revolução? In: MARTINS, A. F. P. (Ed). **Física ainda é cultura?** Livraria da Física, 2009.
- MESQUITA, L., *et al.* Metodologia do design educacional no desenvolvimento de sequências de ensino e aprendizagem no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p.1-16. 2021
- MILNITSKY, Renan. **Epistemologia e Currículo: reflexões sobre a Ciência Contemporânea em busca de um outro olhar para a Física de Partículas Elementares**. São Paulo, 2018. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 02, p. 191-211, 2003.
- MOULINES, C. U. **O desenvolvimento moderno da filosofia da ciência (1890-2000)**. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia. 2020
- MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

NORONHA, André Batista. **Dois argumentos pelo conhecimento sobre a ciência no ensino de ciências: por uma contraideologia do conflito e um metaconhecimento poderoso**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação, São Paulo, 2018.

OLIVEIRA, R. SILVA, A. William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre a radiação infravermelha. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p.1-11. 2014.

OSINGA, Gerard. **HiSPARC in England: a pilot study investigating the status of the high-school project on astrophysics research with cosmics in Bristol and the Vicinity**. Dissertação de Mestrado em Science Education. University of Twente. 2014

OSTERMANN, F; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48. 2000.

PAPADOURIS, Nicos et al. Design, Development and Refinement of a Teaching-Learning Sequence on the Electromagnetic Properties of Materials. . In D. PSILLOS & P. KARIOTOGLOU (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. p. 331-369, 2016.

PASSMORE, C. GOUVEA, J. S. GIERE, R. Models in Science and in Learning Science: Focusing Scientific Practice on Sense-making. In: **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science-Teaching**, MATTHEWS, M. R. (Ed). SPRINGER. p. 1171-1202. 2014.

PATY, Michel. **A matéria roubada: a apropriação crítica do objeto da física contemporânea**. Edusp, 1995.

PESSANHA, Márlon Caetano Ramos. **Estrutura da matéria na educação secundária: obstáculos de aprendizagem e o uso de simulações computacionais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.

PESSANHA, Márlon. **Prática Baseada no Design: O planejamento didático como orientador da ação docente reflexiva no ensino de ciências**. 2023.

PEREIRA, Ozimar da Silva. **Raios Cósmicos: Introduzindo física moderna no 2º grau**. Orientador: Ernest Wolfgang Hamburger. 1997. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - Modalidade Física) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PETROPOULOS, M.; TSIRIGOTIS, A.; LEISOS, A. The  $\mu$ Net project: A status report. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2021.

- PETROPOULOS, M.; TSIRIGOTIS, A.; LEISOS, A. Engaging high school students to remote laboratories: the case of the  $\mu$ Net project. **Physics Education**, v. 57, n. 3, p. 035002, 2022.
- PIETROCOLA, M. **Inovação Curricular e Gerenciamento de Riscos Didático-Pedagógicos: o ensino de conteúdo de Física Moderna e Contemporânea na escola média**. Texto de Erudição para concurso de professor titular. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 2010
- PIETROCOLA, M. Uma crítica epistemológica sobre as bases do currículo: a interdisciplinaridade como um saber de segunda ordem. **Educação, Sociedade e Culturas**. v. 55, p. 31-51. dez. 2019.
- PIETROCOLA, M., & OSTERMANN, F. **IPPOG-Brasil Live Stream**. 2020. (2h04m14s) Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=YxNSKFMLwc8>>. Acesso em 16 de março de 2021.
- PIETROCOLA, M; GURGEL, I. (Eds). **Crossing the Border of the Traditional Science Curriculum: Innovative Teaching and Learning in Basic Science Education**. Sense Publishers, Netherlands. 2017.
- PSILLOS, Dimitris et al. The iterative evolution of a teaching-learning sequence on the thermal conductivity of materials. In D. PSILLOS & P. KARIOTOGLOU (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. p. 287-329, 2016.
- PSILLOS, D. TSELFES, V. KARIOTOGLOU, P. An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: the case of fluids. **International Journal of Science Education**, 26(5), 555-578. 2004
- PSILLOS, D., & KARIOTOGLOU, P. Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In D. PSILLOS & P. KARIOTOGLOU (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. 11-34. Springer. 2016
- PSILLOS, D., SPYRTOU, A., & KARIOTOGLOU, P. Science teacher education: issues and proposals. In **Research and the quality of science education** (pp. 119-128). Springer, Dordrecht. 2005
- RANDALL, Lisa. Batendo à porta do céu: O bóson de Higgs e como a física moderna ilumina o universo. Editora Companhia das Letras, 2013.
- ROBERTS, D. Developing the Concept of "Curriculum Emphases" in Science Education. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 243-260, 1982.



ROBERTS, D. Scientific Literacy/Science Literacy. In: ABELL, S.K. e LEDERMAN, N.G. (Eds) **Handbook of Research on Science Education**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, cap. 25, p. 729-780. 2007

ROCCA LA, P. *et al.* Scientific and educational aspects of the EEE Project. **Journal of Physics: Conference Series**. 1561, 2020

RUDOLPH, John. **Scientists in the classroom**: The cold war reconstruction of American science education. Springer, 2002.

SÁCRISTÁN, J. G. O que significa o currículo. In SÁCRISTÁN, J. G (Eds.) **Saberes e incertezas sobre o currículo**. Porto Alegre: Penso, p. 16-35, 2013.

SAITO, G. T. et al. A modular and flexible data acquisition system for a cosmic rays detector network. **Journal of Instrumentation**, v. 17, n. 04, p. C04026, 2022.

SALEM, Sônia. **Perfil, evolução e perspectivas da Pesquisa em Ensino de Física no Brasil**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação, São Paulo, 2012

SÃO PAULO (Estado), **Secretaria da Educação**. Currículo Paulista: etapa ensino médio. São Paulo, 2020.

SASSERON, L. H. CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. V16(1), pp. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade. **Ciências & Educação**, vol. 25, n.3, p. 563-567, 2019.

SHEN, B. S. P. Science Literacy and the Public Understanding of Science. **Communication of Scientific Information**. pp. 44-52. 1975

SILVA, Yasmin Alves dos Reis. **Aceleradores e detectores de partículas no ensino médio: uma sequência de ensino-aprendizagem**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2017.

SIQUEIRA, Maxwell Roger da Purificação. **Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação, São Paulo, 2006.

SLOANE, F. C., & GORARD, S. Exploring modeling aspects of design experiments. **Educational Researcher**, 32(1), 29-31. 2003

STOLK, M., *et al.* Teaching concepts in contexts: designing a chemistry teacher course in a curriculum innovation. In **Research and the quality of Science Education** (pp. 169-180). Springer, Dordrecht. 2005

TAMIOSSO, R. T., & PIGATTO, A. G. S. A Pesquisa Baseada em Design: mapeamento de estudos relacionados ao Ensino das Ciências da Natureza. **Revista Educar Mais**, 4(1), 156-171. 2020

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214. jan. 1992

TESTA, Italo; MONROY, Gabriella. The iterative design of a teaching-learning sequence on optical properties of materials to integrate science and technology. In D. PSILLOS & P. KARIOTOGLOU (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. p. 233-286, 2016.

THEODORO, Vanessa Menezes. **Introdução ao Estudo da Radiação Cósmica**. Monografia para obtenção do título de Licenciatura plena em Física. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

TIBERGHIE, Andree; VINCE, Jacques; GAIDIOZ, Pierre. Design-Based Research: case of teaching sequence on mechanics. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 17, p. 2275-2314, 2009.

VAN FRAASSEN, B. C. **The empirical stance**. Yale University Press. 2002

VYGOTSKY, Lev Semenovich et al. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**, v. 10, p. 103-117, 1988.

WATANABE, G. **A Divulgação científica produzida por cientistas: contribuições para o capital cultural**. 2015. 227f. Tese (Doutorado) - Instituto de Física - Instituto de Química - Instituto de Biociências - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

WATANABE, G. KAWAMURA, M. R. D.; MUNHOZ, M. Por que cientistas fazem divulgação científica? Uma análise de um evento de física de partículas. *X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Águas de Lindóia, Anais, 2015.

YOUNG, M. F. D. O futuro da educação em uma sociedade do conhecimento. Tradução: COIMBRA, L. B. A. **Revista brasileira de Educação**, vol. 16, nº 48, 2011.

ZIEGLER, C. A (1989). Technology and the Process of Scientific Discovery: The Case of Cosmic Rays. **Technology and Culture**, v. 30, n. 4, pp. 939-963, 1989

ZOUPIDIS, A. et al. The evolutionary refinement process of a teaching-learning sequence for introducing inquiry aspects and density as materials' property in floating/sinking phenomena. In D. PSILLOS & P. KARIOTOGLOU (Eds.) **Iterative Design of Teaching-Learning Sequences**. p. 167-199, Springer, 2016.

# Apêndice A: 1<sup>o</sup> Design

Nesse apêndice, apresentamos na íntegra os seguintes itens relacionados ao 1<sup>o</sup> design:

- A.1 - Material didático completo disponibilizado aos professores
- A.2 - Questionários elaborados para estudantes e professores
- A.3 – Dados Obtidos: Transcrição das respostas dos estudantes aos questionários e de atividades realizadas, transcrição das respostas do professor aos questionários e transcrição das entrevistas

## A.1 – Material Didático: 1º Sequência elaborada

### Projeto piloto – primeira parte da sequência

Neste documento apresentamos os objetivos, percurso e material de apoio para as 7 primeiras aulas da Sequência de Ensino-Aprendizagem. Esse material irá guiar a primeira intervenção em contexto escolar a ser realizada pelo projeto.

Em cada aula, as seguintes informações estarão contidas:

- **Apresentação:** descreve os objetivos da aula, dando breves justificativas.
- **Ficha técnica:** sintetiza os objetivos de aprendizagem e as habilidades mobilizadas (com base no currículo paulista).
- **Percurso:** sintetiza os momentos da aula, dando breves descrições do que se sugere que aconteça.
- **Material de apoio:** texto mais completo que segue o percurso proposto, podendo ser utilizado pelo professor como consulta ou impresso para os estudantes lerem.

Cada aula foi calculada para caber dentro de 45 minutos.

Aula 1: Introdução à física de altas energias

Aula 2 e 3: O início da pesquisa em Raios Cósmicos

Aula 4 e 5: A tecnologia da Detecção

Aula 6 e 7: Explorando histogramas com o Jupyter

## APRESENTAÇÃO

Este material de apoio busca auxiliar na introdução do tema raios cósmicos. Principalmente a partir da década de 90, diversas pesquisas em ensino de física passaram a defender a realidade dos estudantes como ponto de partida para a relação de ensino-aprendizagem, sendo que essa conclusão aparece em diversos documentos curriculares e permanece no atual currículo paulista. Com esse contexto, **nesta aula** os estudantes devem conhecer os raios cósmicos a partir de seus impactos na realidade concreta, tomando como ponto de partida uma notícia eletrônica que aborda problemas de saúde. A partir disso, levanta-se uma série de questões, cujo foco atual será responder à questão de quem elaborou esse conhecimento. Na **próxima aula** os alunos aprendem sobre o início da pesquisa em raios cósmicos, explorando duas das outras questões levantadas. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir de critérios da comunidade científica, os estudantes deverão chegar à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres e não provenientes Terra.

### Ficha técnica

#### Objetivos de aprendizagem:

- Conhecer o Itinerário: o estudo da física de partículas utilizando um detector de raios cósmicos.
- Engajar com o curso que está por vir, conhecendo a dimensão investigativa desse tema (suas instituições de pesquisa e formas de pesquisar), bem como reconhecer questões pertinentes à essa forma de produzir conhecimento: Como investigar o mundo invisível?
- Conhecer problemas que o conhecimento obtido pode ajudar a responder: Do que são feitas todas as coisas?

#### Habilidades mobilizadas – Eixo Estruturante: Investigação Científica

#### Habilidades específicas associadas aos eixos estruturantes:

(EMIFCNT03) Selecionar e sistematizar, com base em estudos e/ou pesquisas (bibliográfica, exploratória, de campo, experimental etc.) em fontes confiáveis, informações sobre a dinâmica dos fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, identificando os diversos pontos de vista e posicionando-se mediante argumentação, com o cuidado de citar as fontes dos recursos utilizados na pesquisa e buscando apresentar conclusões com o uso de diferentes mídias.

## PERCURSO

<b>Momento 1</b>	<p>Ler uma notícia de jornal publicada eletronicamente sobre a relação entre raios cósmicos e a saúde (<a href="https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/">https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/</a>)</p> <p>A partir da notícia, levantas diversas questões pertinentes, buscando deixar os alunos curiosos. Dentre elas as questões: Qual é o perigo mencionado e quem são as pessoas que pesquisam e produzem esses conhecimentos?</p>
<b>Momento 2</b>	<p>Buscando responder essas perguntas, apontar que o perigo está associado às partículas e apresentar a forma teórica e experimental de investiga-las. Aprofundando na experimental, apresentar as “duas formas principais” de estudar partículas experimentalmente (Raios Cósmicos e Aceleradores), para que os alunos tenham uma visão geral das instituições contemporâneas que realizam esse tipo de pesquisa.</p>
<b>Momento 3</b>	<p>Explicitar as distinções e as semelhanças sobre essas duas formas de pesquisar. A primeira, é uma forma mais “natural”, onde as partículas vêm do céu e é necessário criar instrumentos para interagir com essas partículas, conhecidos como “detectores”. A segunda, mais “artificial”, em que se retira essas partículas de alguma fonte, acelera elas e então “esmaga” para ver o que “tem dentro”, também utilizando detectores.</p>
<b>Momento 4</b>	<p>Fechar a aula fazendo uma breve retomada do que foi visto e apontar que na próxima aula irão estudar os problemas: como é possível saber que essas partículas estão vindo do céu e não de algum outro lugar e como observar o invisível?</p>

## COMPLEMENTAR

<b>Momento 1</b>	<p>Para apresentar que ambas formas de pesquisa estão investigando uma questão mais fundamental (“do que tudo é feito?”) mostrar o vídeo Cosmic Eye (Original HD version – youtube) <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8Are9dDbW24">https://www.youtube.com/watch?v=8Are9dDbW24</a></p> <p>Apresentar que um dos valores desejáveis para a ciência é o <i>desinteresse</i>, a busca do conhecimento pela natureza – mas que, por vezes, possibilitam investigar problemas mais conectados com a vida.</p>
------------------	---

## Introdução à física de altas energias

Leia a notícia abaixo, publicada em 2017:<sup>103</sup>

### Risco de radiação espacial aumenta para passageiros de avião

Uma pesquisa revela que a exposição à radiação espacial, quase inevitável em viagens que sobrevoam os polos, equivale a um exame de raio X do tórax

Por EFE

Publicado em: 10/05/2017 às 16h23

Tempo de leitura: 3 min



Viagens de avião: essa radiação pode levar à modificação do DNA, produzir radicais químicos que podem alterar o funcionamento das células e aumentar o risco do desenvolvimento de câncer (Darrin Zammit-Lupi/Reuters)

Denver - Os passageiros de **avião**, especialmente os que viajam com frequência e realizam viagens longas, enfrentam um risco cada vez maior de ficarem expostos à radiação de partículas do **espaço**, e esse perigo aumentará nos próximos anos, segundo um estudo divulgado nesta quarta-feira.

Uma pesquisa da Universidade do Colorado em Boulder, nos Estados Unidos, revela que a exposição à radiação espacial, quase inevitável em viagens que sobrevoam os polos, equivale a um exame de raio X do tórax.

A autora do estudo, Delores Knipp, indica que, para além dos riscos e desconfortos próprios das viagens de avião, que vão desde ações terroristas até ser retirado à força da aeronave, os passageiros agora deverão se preocupar com a radiação proveniente do espaço, que pode levar à modificação do DNA, produzir radicais químicos que podem alterar o funcionamento das células e aumentar o risco do desenvolvimento de câncer.

Durante a próxima década, para a qual está prevista uma diminuição da atividade solar, o problema aumentará e, por isso, mais partículas do espaço chegarão à Terra sem serem desviadas pelo sol ou pelo vento solar, de acordo com o estudo.

Os pilotos de companhias aéreas americanas "estão suficientemente preocupados para assistirem a conferências (sobre o clima espacial) porque conhecem as pesquisas mais recentes sobre radiação em aviação", afirmou Knipp em seu estudo.

<sup>103</sup> Acesso no site: <https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/>



A autora explicou que suas pesquisas começaram quando ela relacionou o iminente início do chamado "ciclo solar mínimo", que dura aproximadamente 22 anos, durante os quais a atividade solar se reduz, com a capacidade dos raios cósmicos de penetrarem no interior das aeronaves.

Knipp usou pesquisas realizadas anteriormente pela NASA, a agência espacial dos EUA, bem como medições feitas por balões aerostáticos sobre a radiação que chega à Terra e modelos desenvolvidos por computadores, para determinar que as partículas espaciais criam uma "chuva de partículas" com alta energia quando entram no avião.

"No futuro, os cientistas necessitam transformar o conhecimento que obtivemos em medidas padronizadas e práticas para avaliar o impacto na saúde a longo prazo em tripulantes e passageiros", comentou a pesquisadora.

Além disso, Knipp disse que as companhias aéreas deverão se preparar para uma "maior exposição à radiação espacial", o que poderia levar a mudanças nas rotas e a cancelar alguns dos 100 mil voos diários em todo o mundo para evitar uma superexposição a essa radiação.

Com base na notícia, tente identificar:

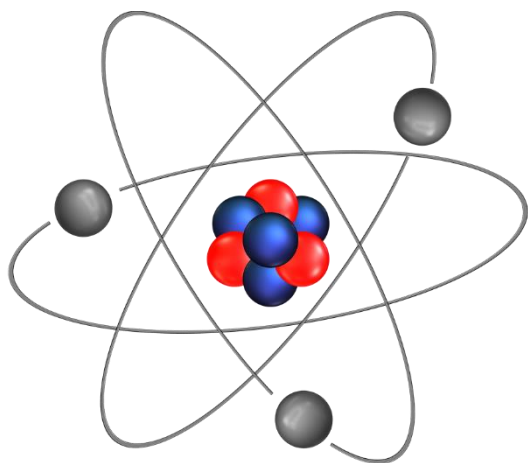
- Qual é o perigo mencionado?
- Quem está alertando e qual é a profissão dessa pessoa?

Essa notícia é surpreendente e traz uma série de questões difíceis de responder. Afinal, como realmente é a profissão dessa cientista mencionada? Se existe uma chuva de partículas, por que nós não conseguimos ver com os nossos olhos? Será que elas atingem quem está no solo também? Como que ela sabe que essas partículas existem e causam problemas para a saúde?

Nas próximas aulas iremos adentrar, de certa forma, em cada uma dessas questões. Mas neste momento, iremos nos preocupar com uma delas: Quem são as pessoas que produzem esse conhecimento?

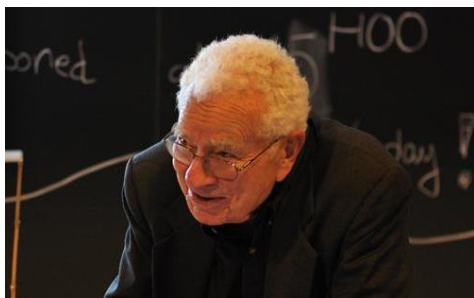
## As instituições de pesquisa científica

A pesquisadora da notícia alerta sobre o perigo causado pelas partículas. Exemplos de partículas são, por exemplo, aquelas que compõem o átomo. No entanto, no caso dessa notícia são outras partículas, como iremos estudar futuramente.



**Figura 1** – Uma representação de átomo

A ideia de átomo é muito antiga e recebeu grandes rompimentos e transformações especialmente ao longo do século XX. Três partículas presentes no átomo que ganham destaque em boa parte dos modelos que aparecem durante a escola são o próton e o nêutron (que compõem o núcleo, representados pelas cores azul e vermelha na figura 1) e o elétron (que orbita ao redor do núcleo, representado pela cor preta na figura 1). Como veremos nas próximas aulas, na verdade nem tudo é composto pelas partículas dos átomos – e mesmo a forma de pensarmos elas mudaram bastante. Mas vamos ficar com esse esquema simples e suficiente para a nossa abordagem



**Figura 1** – Físico Murray Gell-mann (1929 - 2019). Ele postulou a existência dos quarks, que seriam partículas que compõe os hadrons (como os prótons e nêutrons)

Quando falamos de partículas no contexto da física estamos falando de coisas muito pequenas, invisíveis à olho nu. No contexto que estamos abordando, estamos falando não só do muito pequeno (menor que  $10^{-10}m$ ), mas também do muito rápido. Para tentar investigar o mundo do muito pequeno e muito rápido, podemos tentar proceder de duas formas. A primeira, seria trabalhar privilegiando mais o pensamento, refletindo, revendo, fazendo suposições e imaginando, utilizando o que já se conhece e tendo a matemática como estruturante do pensamento, tal como fez o Físico estadunidense Murray Gell-mann (figura 1).

### Você se lembra?

$$10^{-10} \text{ é o mesmo que } \frac{1}{10^{10}} = \frac{1}{10.10.10.10.10.10.10.10.10.10} = \frac{1}{10000000000}$$

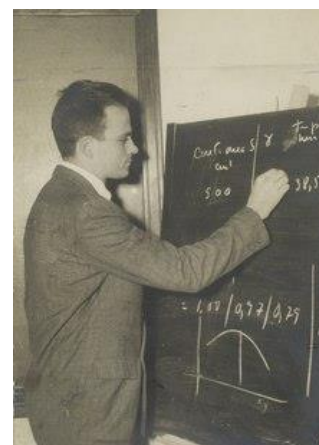
Ou seja, é menor do que 1 dividido por 1 bilhão.

Se você fosse dividir uma folha de sulfite ao meio, quantas vezes será que conseguiria dividi-la?

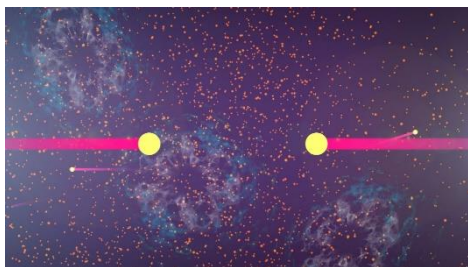
A segunda forma, seria trabalhar privilegiando a experimentação, utilizando os dados concretos, analisando seu comportamento, fazendo inferências sobre o objeto estudado, pensando em como obter esses dados, projetando e construindo os instrumentos de pesquisa, tal como fez o Físico brasileiro Cesare Lattes (figura 2).

Neste momento, vamos focar nessa segunda forma de investigar as partículas, que chamaremos de **experimental**.

Dentro da **investigação experimental**, também há duas grandes formas de investigar. A primeira, tem como base a seguinte ideia: primeiro, tentamos separar as menores parcelas de um dado material – como por exemplo, os prótons que estão no núcleo atômico. Separando duas dessas menores parcelas, nós tentamos acelerar elas para deixa-las muito rápidas, e então tentamos colidir as duas para investigar “o que tem dentro”, como ilustrado na figura 3. Para ganhar essa grande velocidade, elas precisam percorrer um grande trajeto para dar tempo de acelerá-las, como ilustrado na figura 4. Essa é a forma de proceder que acontece nos grandes laboratórios com aceleradores de partículas, como o laboratório brasileiro na figura 5.

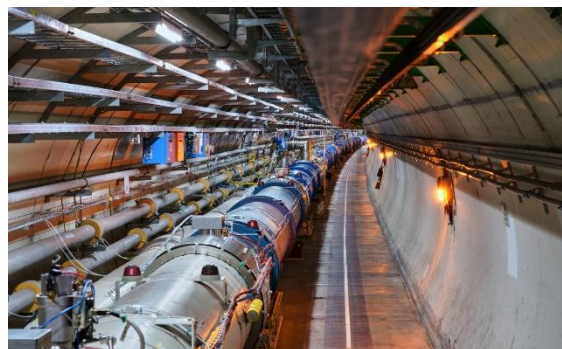


**Figura 2** – Físico Cesare M. G. Lattes (1924 - 2005). Teve participação importante na descoberta do méson-pi.



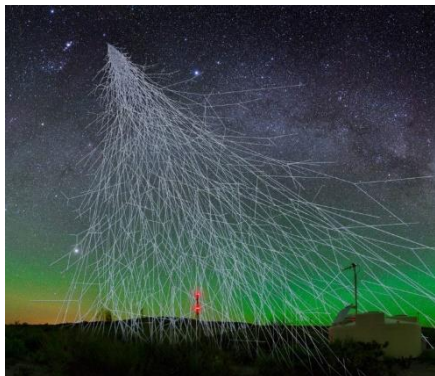
**Figura 3** – Ilustração de duas partículas indo de encontro, colidindo em alta velocidade.

**Figura 4** – O Grande Colisor de Hadrons (LHC, sigla em inglês), do CERN, localizado na Suíça.



**Figura 5** – Acelerador de Partículas Sirius, construído em Campinas, São Paulo.

Uma outra forma seria investigar partículas que a própria natureza faz estarem muito rápidas – e é sobre essas partículas que a notícia estava abordando. Esse tipo de partícula é chamado de raios cósmicos, que são partículas com muita energia (ou seja, muito rápidas) que chegam na Terra vinda de outros locais do espaço sideral. A “chuva de partículas”, mencionada na notícia, está ilustrada na figura 6, e uma parte de um observatório de raios cósmicos está ilustrado na figura 7.



**Figura 6** – Ilustração de um chuva de partículas.

**Figura 7** – foto do observatório Pierre Auger, localizado na Argentina.



Juntando as diversas formas de pesquisar, nós conseguimos criar uma imagem do mundo sobre a questão: de que tudo é feito? Mas para conseguirmos entender melhor esses avanços da ciência, precisamos aprofundar mais – tal como faremos posteriormente.

## APRESENTAÇÃO

Na **aula anterior** os estudantes conheceram os raios cósmicos a partir de seus possíveis impactos na saúde dos pilotos de avião. A partir disso, levantaram questões e responderam à questão de quem que elaborou esse conhecimento. **Nesta aula**, os alunos aprendem sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir de critérios da comunidade científica, devem chegar à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres e não provenientes da Terra. Dessa forma, os estudantes aprendem **a** e **sobre** a física. A atividade proposta busca um rompimento com a forma como comumente se ensina o início da pesquisa em raios cósmicos – a saber, através da exposição oral da história -, buscando que os alunos engajem com a proposta. **Na próxima aula**, partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observam remotamente um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprendem sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), nomeadamente: cintilador e fotossensor.

### Ficha técnica

#### Objetivos de aprendizagem:

- Aprender os conceitos radiação ionizante e carga elétrica.
- Aprender o funcionamento de um eletroscópio.
- Aprender que toda detecção pressupõe uma interação.
- Aprender um exemplo de como a ciência realiza generalizações: o descarregamento indefinido de um eletroscópio e a conclusão de que os raios ionizantes vêm do céu.
- Interagir teoricamente com aspectos da investigação científica, como a coleta de dados, previsão teórica, a idealização, a formulação de hipóteses e elaboração de modelos na prática científica.

#### Habilidades mobilizadas – Eixo Estruturante: Investigação Científica

##### Habilidades relacionadas às competências gerais/eixos estruturantes:

(EMIFCG02) Posicionar-se com base em critérios científicos, éticos e estéticos, utilizando dados, fatos e evidências para respaldar conclusões, opiniões e argumentos, por meio de afirmações claras, ordenadas, coerentes e compreensíveis, sempre respeitando valores universais, como liberdade, democracia, justiça social, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade.

(EMIFCG03) Utilizar informações, conhecimentos e ideias resultantes de investigações científicas para criar ou propor soluções para problemas diversos.

##### Habilidades específicas associadas aos eixos estruturantes:

(EMIFCNT03) Selecionar e sistematizar, com base em estudos e/ou pesquisas (bibliográfica, exploratória, de campo, experimental etc.) em fontes confiáveis, informações sobre a dinâmica dos fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, identificando os diversos pontos de vista e posicionando-se mediante argumentação, com o cuidado de citar as fontes dos recursos utilizados na pesquisa e buscando apresentar conclusões com o uso de diferentes mídias.

## PERCURSO

<b>Momento 1</b>	<p>Trazer duas questões da aula anterior: como é possível saber que essas partículas estão vindo do céu e não de algum outro lugar e como observar o invisível? Apontar que para responder essas perguntas vamos realizar uma viagem histórica, mas será uma reconstrução do que aconteceu – não falaremos exatamente o que aconteceu em cada dia. Com essa reconstrução, os estudantes irão vivenciar como se fossem um cientista da época.</p>
<b>Momento 2</b>	<p>Relembrar o conceito de átomo com seus constituintes mais simples. Apresentar o conceito de carga elétrica. Explicar um instrumento da época: o eletroscópio. Apresentar seu funcionamento e especificar bem um problema da época: o descarregamento indefinido e segundo velocidades bem variáveis. Apresentar o desafio para os estudantes: Explicar de onde estão vindo os raios ionizantes.</p>
<b>Momento 3</b>	<p><b>Apresentar a dinâmica da atividade:</b> Separados em grupos (~3 pessoas), os estudantes receberão um conjunto de cartões com fatos históricos que auxiliam na construção de dois modelos. O primeiro, defende que os raios ionizantes vêm da Terra. O segundo, defende que os raios ionizantes são extraterrestres. A tarefa deles é a partir de cada cartão, sintetizar em poucas linhas como aquele fato contribui para explicar que a radiação vem do espaço sideral ou que a radiação vem da terra.</p> <p>Ao final de ter utilizado todos os cartões, os estudantes devem realizar uma dissertação comparando os dois modelos, apontando qual é o melhor.</p>
<b>Momento 4</b>	<p>Síntese do professor, perguntando para a turma como os diferentes grupos justificaram e levantando que, a partir de diferentes experimentos (com papel relevante da instrumentação, da comparação da previsão teórica com os dados), se chegou numa generalização: os raios cósmicos vêm do espaço. Chamar atenção que ao longo do processo, os estudantes tiveram que olhar para as características importantes (como por exemplo, descarregamento indefinido, condução elétrica e etc.) e deixaram de lado outras características que não eram relevantes (a cor do eletroscópio).</p> <p>Finalizar com o discurso do Nobel</p>



## O problema do descarregamento indefinido do eletroscópio

De onde viemos? Para onde vamos? Do que tudo é feito?

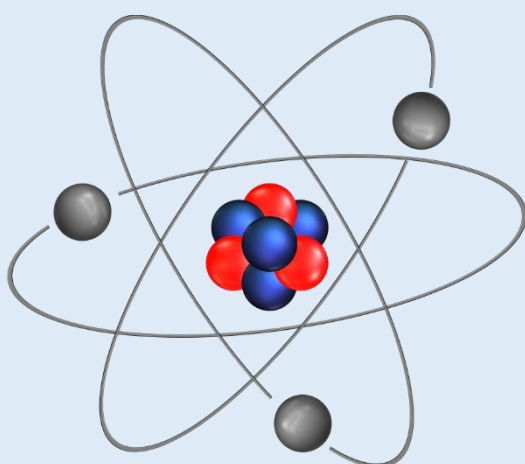
A ciência busca estudar a natureza – mas será que ela é capaz de responder à essas perguntas? Sim e não. De certo modo, o que aprendemos com a ciência dá uma ótima base para pensarmos sobre essas questões. Por outro lado, o trabalho real de um cientista é muito mais específico – nenhum cientista de fato recebe financiamento para responder exatamente alguma dessas questões. O trabalho mais particularizado, tomando como alvo problemas bem específicos. E quando olhamos para todo o conhecimento específico construído, podemos refletir sobre essas questões gerais.

Hoje nós iremos mergulhar em um problema específico, localizado no início do século XX. O conhecimento científico que obtemos a partir desse problema pode auxiliar a entender essas questões mais gerais.

O problema que iremos estudar é o **descarregamento indefinido e com velocidades bem variáveis de um eletroscópio**. Indo além, vocês irão se sentir como um cientista da época, em que o desafio será chegar nas mesmas conclusões que eles! Antes de entendermos como será a atividade, precisamos entender duas coisas: O que é um eletroscópio e o que seria o descarregamento indefinido dele.

### Eletroscópio

Para começar, é interessante pensarmos em qual é a menor unidade do que compõe as coisas ao nosso redor. Uma forma de imaginar isso seria pegando um papel e rasgando ele cada vez mais em pedaços menores. Logo nós chegaríamos no que chamamos de átomo, que vocês já devem ter conhecido anteriormente.



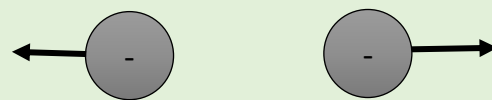
**Figura 1** – Uma representação de átomo

#### Lembre-se: Átomos

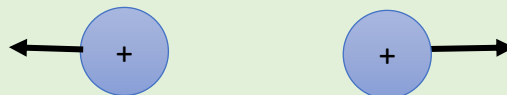
A ideia de átomo é muito antiga e recebeu grandes rompimentos e transformações especialmente ao longo do século XX. Três partículas presentes no átomo que ganham destaque em boa parte dos modelos que aparecem durante a escola são o próton e o nêutron (que compõe o núcleo, representados pelas cores azul e vermelha na figura 1) e o elétron (que orbita ao redor do núcleo, representado pela cor preta na figura 1). Como veremos nas próximas aulas, na verdade nem tudo é composto pelas partículas dos átomos – e mesmo a forma de pensarmos elas mudaram bastante. Mas vamos ficar com esse esquema simples e suficiente para a nossa abordagem

### Carga Elétrica

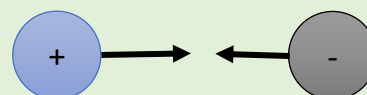
O Elétron e o Próton possuem uma propriedade chamada carga elétrica. Isso significa que é algo que eles possuem, é uma característica. Nós sabemos que eles possuem essa característica devido ao seu comportamento. Em síntese, todos que possuem carga elétrica podem interagir entre si. E essa interação é de se aproximar um do outro ou de se afastar. Qual será o comportamento depende de qual é a carga elétrica, que podem ser duas: **carga positiva** e **carga negativa**. A ideia geral é que cargas iguais se afastam, enquanto eu cargas diferentes se atraem.



**Figura 2** – Dois elétrons, por terem cargas iguais (negativas), se repelem.



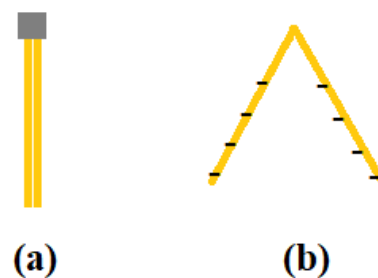
**Figura 3** – Dois prótons, por terem cargas iguais (positivas), se repelem.



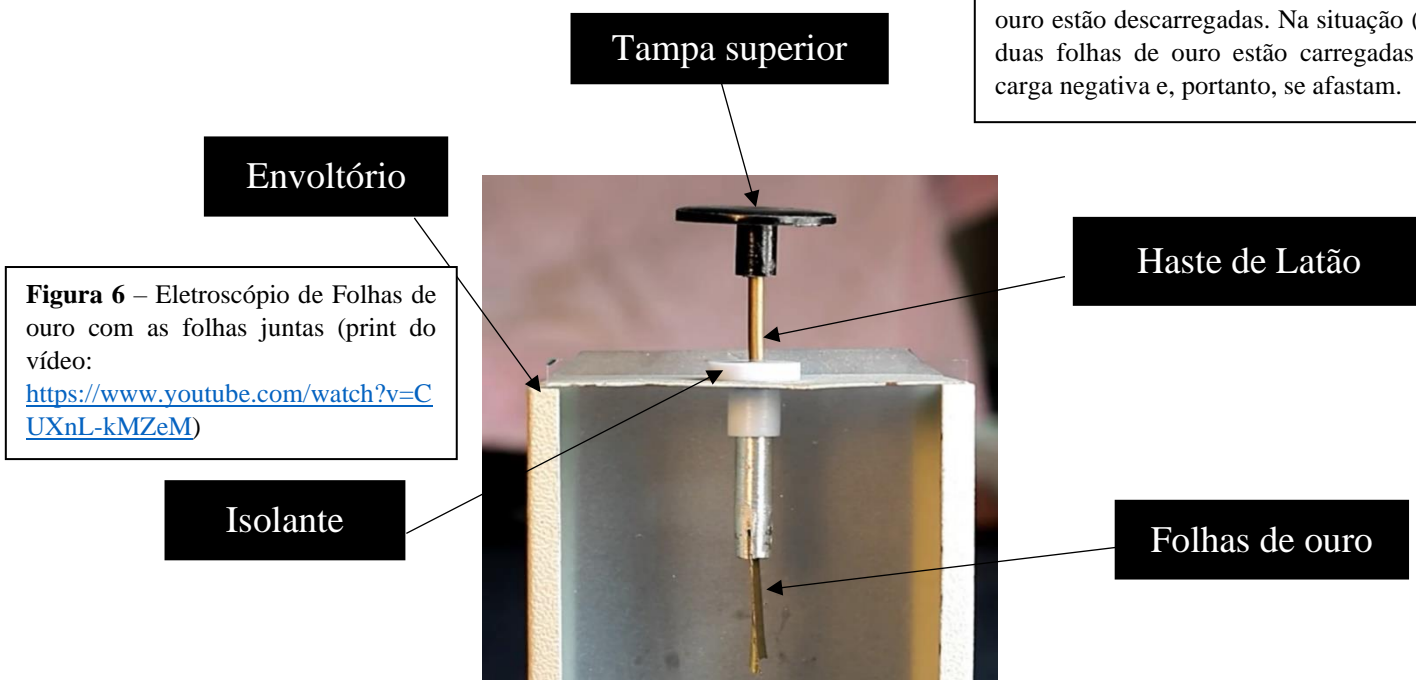
**Figura 4** – Um próton e um elétron, por terem cargas diferentes, se atraem.

O Instrumento que iremos estudar se chama Eletroscópio. O fenômeno que ele descreve é um tanto simples e está ilustrado na figura 5: existem duas folhas de metal, uma próxima da outra, de tal forma que quando elas possuem cargas iguais elas se afastam, formando uma espécie de um cone.

Um Eletroscópio real é composto basicamente por 5 componentes, conforme mostrado na figura 6:



**Figura 5** – Na situação (a), as duas folhas de ouro estão descarregadas. Na situação (b) as duas folhas de ouro estão carregadas com carga negativa e, portanto, se afastam.

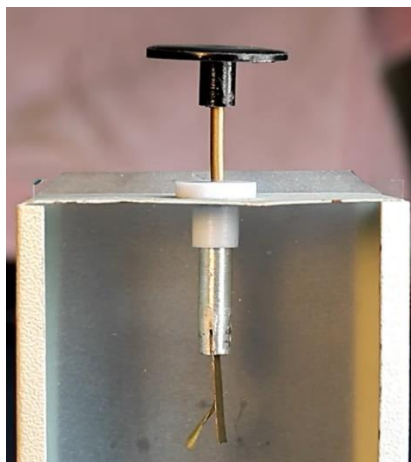


**Figura 6** – Eletroscópio de Folhas de ouro com as folhas juntas (print do vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=CUXnL-kMZeM>)



As cargas elétricas chegam nas folhas de ouro através da **Tampa Superior**. Na prática, se aproxima um objeto carregado com cargas negativas que repelem as cargas negativas nos átomos da tampa superior, que então percorrem a **Haste de Latão** até chegar nas **folhas de ouro**, se acumulando nela e fazendo uma folha se afastar da outra, conforme figura 7.

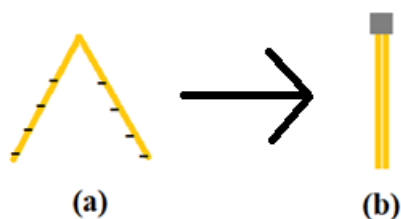


**Figura 7** – Eletroscópio de Folhas de Ouro com as folhas afastadas (print do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=CUXnL-kMZeM>)

Sobre as outras duas componentes, o **Envoltório** serve para proteger as folhas de ouro, minimizando o fluxo de ar e por consequência a interferência externa que as folhas de ouro sofrem. Já o **Isolante** serve apenas para isolar a haste.

## O problema do descarregamento indefinido do Eletroscópio

Suponha um Eletroscópio carregado (e, portanto, com as folhas de ouro afastadas), tal como na figura 7. Se esperarmos um tempo o que observamos é que as folhas de ouro vão se aproximar e ficar igual a figura 6. O que aconteceu?



**Figura 8** – Passagem da situação (a) para a situação (b), ilustrando o descarregamento de um eletroscópio.

Uma forma tentarmos entender é colocando nos termos da figura ao lado. Basicamente podemos afirmar que na situação em que antes o eletroscópio estava carregado e por isso as folhas estavam afastadas. Mas as cargas sumiram e, portanto, as folhas voltaram ao seu estado natural (juntas!). Surge um problema: o que fez as cargas sumirem?

Suponha que exista algum tipo de partícula que faça isso acontecer. Essa partícula nós vamos chamar de “raios ionizantes”.

Esse é o cenário do problema que iremos enfrentar, em que iremos estudar os acontecimentos entre 1890~1920. Raio é um nome que surgiu na época, fazendo alusão ao “raio de luz”, mas sendo um outro tipo de raio (invisível, tal como o ultravioleta e o infravermelho, já conhecidos na época). Ionizante é devido a sua interação com as cargas elétricas.

Uma variação muito conhecida do eletroscópio é o eletrômetro, que se diferencia por ser mais preciso.

A rigor, existem duas causas diferentes para o descarregamento do eletroscópio. A provocada pelos “raios ionizantes”, que iremos estudar adiante, e o descarregamento devido a

umidade do ar, que já era conhecido pelos cientistas e considerado durante os experimentos – nós iremos simplificar a situação e deixar de lado a umidade do ar.

## Atividade

### O problema:

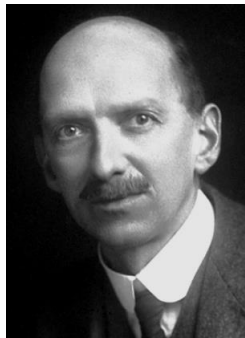
As folhas de ouro de um eletroscópio descarregam. O que causa isso seria uma espécie de “Raio Ionizante” – não sabemos bem o que são, mas sabemos que fazem as coisas carregadas eletricamente se descarregarem. **De onde estão vindo esses Raios Ionizantes?**

Nessa atividade vocês irão vivenciar o papel dos cientistas deste contexto histórico. Havia diferentes hipóteses, mas vamos focar nas duas que mais receberam atenção: **(1)** Os raios ionizantes vem do chão. **(2)** Os raios ionizantes são extraterrestres. Qual será a verdadeira?

Para decidir isso, vocês receberão alguns cartões que contam algum acontecimento histórico realizado pelos cientistas que estavam investigando esse mistério. Vocês devem sintetizar qual é a contribuição desse cartão para a hipótese **(1)** e para a hipótese **(2)**. Após completarem todos os cartões, vocês deverão avaliar qual é a vencedora, elaborando um texto argumentando em favor de algum dos dois modelos.

## Anexo A - Cartões

### 1 - Eletroscópios descarregam



Charles T. R. Wilson (1869 – 1959) notou que o Eletroscópio descarregava indefinidamente e segundo velocidades muito variáveis. Wilson sugeriu que o agente ionizante pode ser de origem extraterrestre.

### 2 - Será que a radiação está vindo do envoltório?

Para evitar que a radiação fosse emitida pelo envoltório do equipamento, em 1903, Rutherford e Cook; e também McLennan e Burton colocaram escudos de metais livres de impurezas radioativas (ou seja, que emitem radiações) em volta do contêiner do eletroscópio.

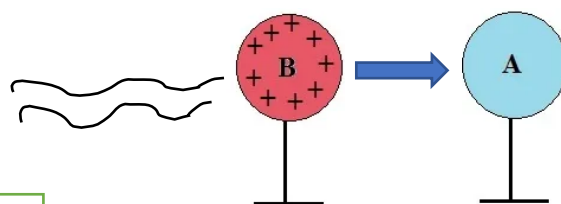
A radiação foi significativamente reduzida (ou seja, o tempo de descarregamento do eletroscópio aumentou), mas ainda existia.

### 3 - Materiais emitem radiação

Em 1896 Henri Becquerel descobriu que sais de urânio emitiam uma radiação (partículas ou onda eletromagnética que carregam energia) invisível capaz de descarregar condutores eletricamente carregados.



Sais de Urânio

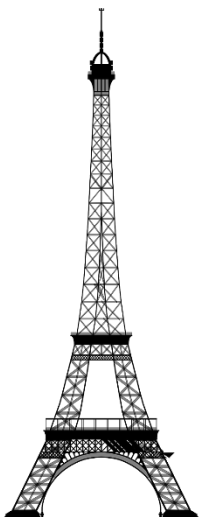


Além disso, Marie Curie e Pierre Curie descobriram outros materiais que emitiam radiação. Parece ser plausível acreditar que esses sólidos que encontramos na Terra emitam radiações.

#### 4 - Será que a radiação vem do Sol?

Como já era conhecido, o Sol emite radiações (como a luz). Uma hipótese era que o Sol estava emitindo também esses Raios Ionizantes. Para tentar verificar isso, diferentes cientistas realizaram experimentos de dia e de noite, como o Cline, no Canadá. No entanto, a diferença de fazer o experimento de dia ou fazer o experimento de noite não era significativa.

#### 5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel



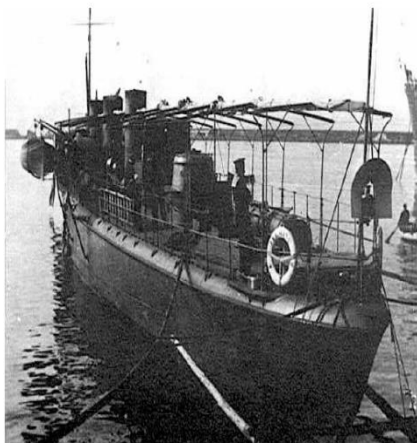
Theodor Wulf realizou um experimento bem criativo. Ele **supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra** e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Para isso ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.

Com as equações e o coeficiente de absorção da época, **era previsto** que em 80 metros de altura, o descarregamento deveria cair pela metade, e no topo da torre ele deveria ser nulo. Nessa suposição, o descarregamento iria diminuir pois a quantidade de raios ionizantes iria diminuir, uma vez que eles seriam absorvidos pelo ar durante a trajetória.

Wulf então **realizou os experimentos** utilizando uma variação do Eletroscópio, conhecida como Eletrômetro, tanto no solo quanto a 300m, e notou que no topo o descarregamento diminuiu menos da metade. Surge um problema entre a previsão teórica e os experimentos.

Duas hipóteses surgem: (a) as equações/coeficiente de absorção estão errados; (b) existem fontes de radiação na atmosfera. A hipótese (a) era improvável pois haviam diversos outros experimentos em que as equações funcionavam bem. No entanto, Wulf não apreciava a opção (b), admitindo que a explicação mais provável para seu resultado intrigante ainda era a emissão do solo.

## 6 - Domenico Pacini se aventurando pelo mar



**Domenico Pacini** realizou diferentes experimentos em montanhas, mar e lagos. Em seus experimentos no mar, sua inovação foi realizar duas medições diferentes. Colocando o eletrômetro numa caixa de cobre, media o descarregamento na superfície do barco e depois imergia esse equipamento há 3 metros de profundidade do mar, para medir o descarregamento. Seus resultados apontaram que dentro do mar, perdia-se cerca de 20% do descarregamento.

Supondo que a radiação vem de cima, este era justamente o valor da previsão das equações de absorção dos raios ionizantes pela água do mar.



*“[Parece] a partir dos resultados do trabalho descrito nesta Nota que existe uma causa considerável de ionização na atmosfera, proveniente da radiação penetrante, independente da ação direta de substâncias radioativas no solo.”* (PACINI 1912 apud GIGLIETTO, p.6, 2011)



## 7 - Voando com Balões

**Viktor Franz Hess** fez um ótimo uso de uma forma de experimentação já conhecida: utilizando balões. O objetivo dele era analisar como um eletrômetro descarregava conforme o balão fosse subindo.

“(I) Imediatamente acima do solo, a radiação total diminui um pouco. (ii) Em altitudes de 1000 a 2000 m, ocorre novamente um crescimento notável de radiação penetrante. (iii) O aumento atinge, em altitudes de 3.000 a 4.000 m, já 50% da radiação total observada no solo. (iv) Em 4000 a 5200 m, a radiação é mais forte [mais de 100%] do que no solo ” (HESS, 1911, apud GIGLIETTO, p.7, 2011)

Ele então concluiu que o aumento da ionização com a altura deve ser devido a uma radiação vinda de cima, e ele pensou que essa radiação era de origem extraterrestre, desconsiderando o Sol pois não notou diferença entre o dia e a noite para este experimento.



## Anexo B - Discurso do Nobel

### **Discurso do Nobel (1936), proferido pelo Professor H. Pleijel:**

”[A] pesquisa foi feita em toda a natureza por substâncias radioativas[por vários cientistas]: na crosta da Terra, nos mares e na atmosfera; e ... o eletroscópio foi aplicado. Raios radioativos foram encontrados em toda parte, sejam as investigações feitas nas águas de lagos profundos ou em altas montanhas. ... Embora nenhum resultado definitivo tenha sido obtido a partir dessas investigações, eles mostraram que a radiação onipresente não poderia ser atribuída à radiação de substâncias radioativas na crosta terrestre ... O mistério da origem desta radiação permaneceu [no entanto] sem solução até O Prof. Hess fez disso seu problema. ... Com excelente habilidade experimental, Hess aperfeiçoou o equipamento instrumental usado e eliminou suas fontes de erro. Com esses preparativos concluídos, Hess fez uma série de subidas de balão ... A partir dessas investigações, Hess concluiu que existe uma radiação extremamente penetrante vinda do espaço que entra na atmosfera da Terra.” (GIGLIETTO, p.8, 2011)







## Possíveis Respostas

### Raios C3smicos s3o provenientes da Terra

**Cart3o 2** – Se o descarregamento do eletrosc3pio continuou apesar do envolt3rio n3o estar emitindo radia33o, ent3o ela pode estar vindo da Terra.

**Cart3o 3** – Se existem materiais que emitem radia33es capazes de descarregar condutores eletricamente carregados, o descarregamento do eletrosc3pio pode estar sendo causado pelas radia33es emitidas por algum material da Terra.

**Cart3o 4** – Fazendo medi33es de dia e de noite n3o foram encontradas diferen3as significativas, o que sugere que a radia33o ionizante n3o est3 vindo do Sol.

**Cart3o 5** – Apesar de o experimento e a previs3o darem resultados diferentes, ainda sim existe uma diminui33o na radia33o que chega a 300 metros de altura. Parece ser plaus3vel acreditar que eles est3o sendo emitidos pela Terra e absorvidos pelo ar.

### Raios C3smicos s3o extraterrestres

**Cart3o 1** – Wilson sugeriu que a radia33o pode ser extraterrestre

**Cart3o 2** – Se o descarregamento do eletrosc3pio continuou apesar do envolt3rio n3o estar emitindo radia33o, ent3o ela pode ser extraterrestre.

**Cart3o 5** – Supondo que a radia33o vem da Terra, o experimento e a previs3o d3o resultados diferentes. Parece sugerir que a radia33o n3o vem da Terra, j3 que a previs3o 3 bem confi3vel. No entanto, ainda sim 3 300 metros a radia33o diminui.

**Cart3o 6** – Se supormos que a radia33o vem do c3u, a previs3o te3rica 3 convergente com os dados do experimento obtido por Pacini no experimento do mar, uma vez que a radia33o est3 vindo de cima para baixo, parte dela 3 absorvida pela 3gua do mar, e ent3o o descarregamento diminui.

**Cart3o 7** – Em experimentos com bal3es, Viktor Hess encontra o resultado de Wulf, mas quando come3a aumentar a altitude o descarregamento come3a a acontecer mais r3pido ainda, implicando que a radia33o fica cada vez mais forte. Essa radia33o deve estar vindo de cima, pois vindo de baixo n3o faria sentido ela aumentar. Ela n3o parece estar vindo do Sol, uma vez que novamente se notou que n3o h3 diferen3as entre o dia e a noite.



## APRESENTAÇÃO

Na **aula anterior** os alunos aprenderam sobre o início da pesquisa em raios cósmicos. Estudando o descarregamento de um eletroscópio e a partir de critérios da comunidade científica, chegaram à conclusão de que os raios cósmicos são extraterrestres. **Nesta aula**, partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observam um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprendem sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), dando enfoque para o cintilador, traçando uma analogia através de um experimento macroscópico. Desse modo, os estudantes devem aprender um modelo que explica a interação do múon com o detector. Essa forma de explicar a interação não utiliza do conceito de “troca de partículas” – é comum na prática científica a utilização de diferentes perspectivas sobre um mesmo aspecto (interação) dependendo da situação que está sendo modelizada. O modelo apresentado é inspirado nas discussões que ocorrem em livros de física experimental que discutem esse detector. **Na próxima aula** explora-se o Jupyter.

### Ficha técnica

#### Objetivos de aprendizagem:

- Aprender um modelo que explica a detecção do múon. Neste modelo, considera-se a interação do múon com o cintilador devido a sua carga elétrica, emitindo uma luz. A luz do cintilador interage com o fotossensor, produzindo um sinal elétrico que passa por um circuito eletrônico, e chega como uma mensagem em código binário ao computador, que com o auxílio de um software interpreta uma detecção.
- Aprender alguns benefícios do avanço tecnológico para a investigação científica.

**Habilidades mobilizadas** – Eixo Estruturante: Investigação Científica

#### Habilidades relacionadas às competências gerais/eixos estruturantes:

(EMIFCG01) Identificar, selecionar, processar e analisar dados, fatos e evidências com curiosidade, atenção, criticidade e ética, inclusive utilizando o apoio de tecnologias digitais.

#### Habilidades específicas associadas aos eixos estruturantes:

(EMIFCNT01) Investigar e analisar situações-problema e variáveis que interferem na dinâmica de fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, considerando dados e informações disponíveis em diferentes mídias, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

## PERCURSO

<b>Momento 1</b>	Retomar a conclusão da aula anterior: raios cósmicos vem do céu. Retomar que, embora os raios cósmicos sejam invisíveis a olho nu, nós podemos verificar os efeitos de suas interações (eletroscópio e danos à saúde). Problematizar se seria possível detectar os raios cósmicos de forma mais direta.
<b>Momento 2</b>	Apresentar um vídeo sobre a câmara de nuvens (ou construir uma câmara de nuvens com os estudantes), explicando brevemente seu funcionamento. Apontar os benefícios (inferência das trajetórias das partículas) e as limitações dessa forma de detecção (sem dados quantitativos).
<b>Momento 3</b>	Apresentar que, visando superar o problema quantitativo, a tecnologia foi se aprimorando. Introduzir que o nosso detector está imerso neste contexto. Apontar que toda detecção pressupõe uma interação e introduzir qual é a interação que ocorre no nosso detector: a interação entre o múon e o cintilador, ilustrando o fenômeno de fluorescência.
<b>Momento 4</b>	Realizar o experimento “Água de brilha no escuro”, onde os estudantes devem ver à nível macroscópico o fenômeno de fluorescência acontecendo. Explicitar qual é a semelhança entre esse experimento e o que acontece no cintilador.
<b>Momento 5</b>	<p>Apresentar alguns componentes do detector: cintilador, foto-sensor e a eletrônica. Apontar que a luz emitida pelo cintilador interage com o foto-sensor, que produz um sinal elétrico. Após passar por algumas outras componentes, sabemos que o múon passou por ali.</p> <p>Apontar que esses dados são transmitidos via wi-fi e ficam armazenados. Para lidar com esses dados e extrair informação a partir disso (por exemplo: contar quantos múons passaram em um dado horário) é importante a utilização de softwares. Apontar que na próxima aula iremos utilizar um deles.</p>

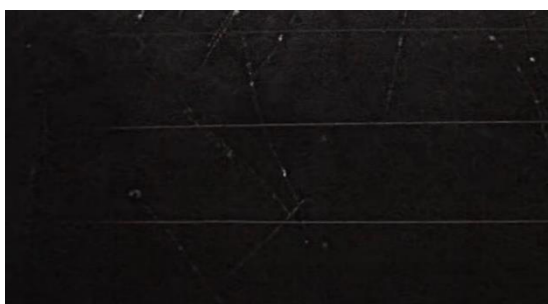
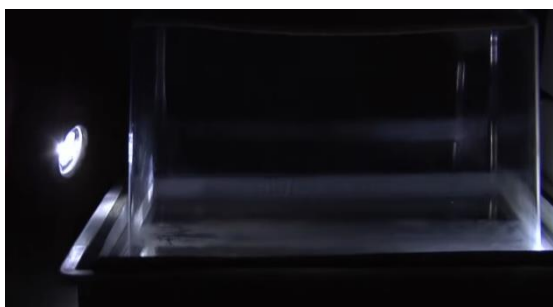
## A tecnologia da detecção

Anteriormente nós concluímos que os raios cósmicos são partículas que tem origem extraterrestre e que seus efeitos podem ser verificados aqui na superfície da Terra, muito embora os próprios raios cósmicos sejam invisíveis à olho nu. No caso, nós vimos dois efeitos. O primeiro, foi exposto pela notícia de jornal, associado aos efeitos na saúde dos pilotos de avião. O segundo, sendo um retorno mais histórico, associado ao descarregamento indefinido de um eletroscópio.

Mas será que nós podemos detectar de forma mais direta? Se sim, como?

### Câmara de Nuvens

Fazendo um retorno à história, entre 1920-1950 um instrumento ficou famoso: a Câmara de Nuvens.



**Figura 1** – Na imagem de cima, é a câmara de nuvens já montada, antes da detecção. Na imagem de baixo, há o rastro das partículas. Ambas as imagens são retiradas do vídeo.

**Assista ao vídeo:**

<https://www.youtube.com/watch?v=xky3f1aSkB8>

Esse vídeo demonstra como construir uma câmara de nuvens. Em resumo, os raios cósmicos que possuem alta energia – que até agora não falamos exatamente quais partículas eles são – interagem com o meio (que pode ser álcool ou água em vapor), de forma a deixarem um “rastro” por onde passaram. Esse rastro ocorre pois quando as partículas atravessam retiram elétrons do vapor, que acaba condensando (passando do estado gasoso para o líquido) por um breve momento, se tornando visível. Diferentes partículas deixam diferentes “rastros” – o rastro depende da massa, da carga elétrica e do ângulo de incidência.

Esse é um mecanismo visual para observarmos os raios cósmicos (através de seus rastros).

Note que nós não estamos observando diretamente a partícula com os nossos olhos, mas o rastro que elas deixam. Ainda assim, parece ser uma forma mais direta de observar do que às anteriores.

## A evolução tecnológica na detecção



**Figura 2** – O detector de raios cósmicos

Ao longo das próximas aulas vocês irão utilizar um detector de raios cósmicos que contém tecnologia contemporânea, bem semelhante aos detectores utilizados por cientistas atualmente.

A figura 2 é uma foto do detector. A informação de que houve a detecção de um raio cósmico é visualizada na tela de um computador.

Com esse detector, diferentemente da Câmara de Nuvens, nós não conseguimos inferir a trajetória de cada partícula. Por outro lado, nós conseguimos contar com grande precisão quantas partículas foram detectadas (além do horário, local e condições em que houve a detecção). A física é uma ciência muito dependente de dados quantitativos, portanto, esse avanço tecnológico foi de suma importância.

Mas o que efetivamente está acontecendo nessa caixa preta? Como o computador obtém a informação de que houve a detecção?

Para entendermos isso, talvez seja útil abrir para ver o que tem dentro dessa caixa preta. Mas ao fazermos isso, como na figura 3, nós percebemos que existem muitas componentes diferentes, cada uma com uma função.



**Figura 3** – Os dois detectores de raios cósmicos abertos

Para podermos entender o funcionamento de cada componente, precisamos aprofundar na física envolvida.

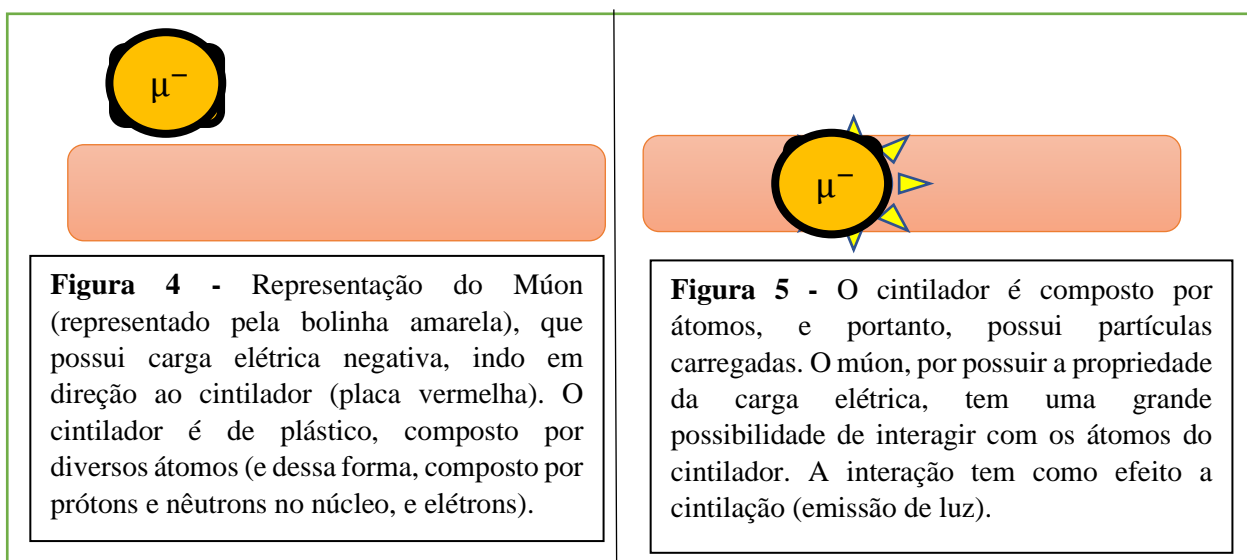
Um primeiro ponto a ser ressaltado é que **toda detecção precisa de interação!** Lembre-se que uma interação acontece sempre entre duas (ou mais) coisas. Na atividade da aula anterior, nós notamos a interação dos raios cósmicos com o eletroscópio, sendo que o resultado dessa interação era o descarregamento do eletroscópio. Na notícia,

notamos as possíveis consequências para a saúde devido a interação dos raios cósmicos com o corpo humano dentro de um avião.

De forma mais específica, nós vimos uma outra interação anteriormente: a interação elétrica entre dois elétrons. Notamos que essa interação acontecia à distância, devido à **propriedade da carga elétrica** e tendo como **efeito o afastamento** dos dois elétrons. **Para que haja uma interação, é necessário que um efeito seja causado devido à alguma propriedade** (ainda que esse efeito seja difícil de ser detectado). Quando observamos o efeito e conhecemos a propriedade, dizemos que ocorreu aquela interação. Como por exemplo: numa situação isolada, sabemos que os elétrons tem a propriedade da carga elétrica e sabemos que houve o efeito deles se afastarem, logo podemos dizer que houve uma interação entre eles.

Esse é o primeiro passo para entendermos o funcionamento do detector: saber as propriedades de o que queremos detectar e as propriedades da componente que fará a detecção, e quando houver um dado efeito nós saberemos que houve a interação – e, portanto, a detecção. Precisamos também nos assegurar de que esse efeito realmente foi causado por essa interação (e não por alguma outra razão).

**Mas quais são as propriedades dos raios cósmicos?** O que exatamente eles são? Para nós, isso ainda está em aberto, e nós vamos descobrindo com nas próximas aulas. Por hora, podemos dizer que os raios cósmicos são um conjunto de diferentes partículas, com diferentes propriedades. Dentre essas partículas, algumas das que mais chegam à superfície da terra são os **múons**. O **múon**, assim como o elétron, tem carga elétrica negativa. O nosso detector é elaborado para detectar múons. A componente do detector que interage com os múons é o **Cintilador**. O efeito dessa interação é a **produção de luz**.



Esse é um fenômeno conhecido como **fluorescência**. Ele acontece em diversos materiais e por diferentes radiações. Radiação é basicamente o deslocamento de energia por meio de partículas ou ondas. No caso do nosso detector, a energia cinética (energia associada ao movimento) do múon é transformada em energia eletromagnética, que

compõe as ondas eletromagnéticas (ou luz). Uma forma de vermos esse fenômeno análogo à esse, numa dimensão macroscópica, seria fazendo uma experiência.

### O que é energia?

Energia é uma das grandezas mais complexas da física, e defini-la é um desafio. Em resumo ela é uma grandeza **abstrata**, que se manifesta de diferentes formas – no movimento de corpos, em campos gravitacionais, campos elétricos e etc. Em todas as diferentes manifestações, a energia total do universo é conservada – ou seja, ela não é criada nem destruída. Mas ela pode ser transformada, se manifestando de formas diferentes.

A energia cinética é a energia do movimento, em que na física clássica é dada pela equação:

$$E = \frac{mv^2}{2}; \text{ Onde } E \text{ é a energia cinética, } m \text{ é a massa e } v \text{ é a velocidade.}$$

### Experiência: A água que brilha no escuro

Para realizar o experimento da “água que brilha no escuro” os materiais necessários e suas funções estão descritos no Box 1.

#### Box 1. Materiais necessários e suas funções:

- Água tônica, que é o nosso material fluorescente;
- Água sanitária, realizando o papel de agente oxidante;
- Lâmpada do tipo luz negra (UVA), fonte de radiação UV.
- Recipiente transparente, onde será depositado os líquidos e por onde veremos a fluorescência;
- Conta gotas, para adicionar a água sanitária.





**Procedimento:** Deve-se colocar a água tônica no recipiente transparente e "iluminá-la" com a luz negra - é recomendável que isso seja realizado em um ambiente com pouca iluminação para que os efeitos sejam mais visíveis. Ao irradiar a amostra de água tônica com a luz negra será possível observar que o líquido apresenta um brilho azulado!

**Atenção:** não irradie a luz negra diretamente aos olhos, pois pode machuca-los.

O que temos aqui é, então, uma representação visual do que discutimos logo acima, a fonte de energia, provinda da luz UV, ao incidir sobre a água tônica interage com as moléculas de quinina (responsável pelo sabor amargo da água tônica e também pela fluorescência), onde essas absorvem essa energia. Pouco tempo depois, essas moléculas emitem fótons com energia na faixa do visível e então somos capazes de ver, nesse caso, uma luz azulada. Quando adicionamos algumas gotas, com o auxílio de um conta gotas, de água sanitária ao recipiente com água tônica podemos verificar uma diminuição na intensidade da luz emitida, como não houve mudanças quanto a radiação incidida (continua sendo UV) presume-se que algo aconteceu com o material fluorescente. A água sanitária, quando adicionada a tônica, "retira a propriedade" da tônica interagir com a luz negra como acontecia anteriormente, de forma que o fenômeno de fluorescência deixa de acontecer.

### Imagens da realização do experimento



(A) Recipiente com água tônica em um ambiente escuro



(B) Recipiente com água tônica sendo irradiado pela luz negra. Notamos o fenômeno de fluorescência



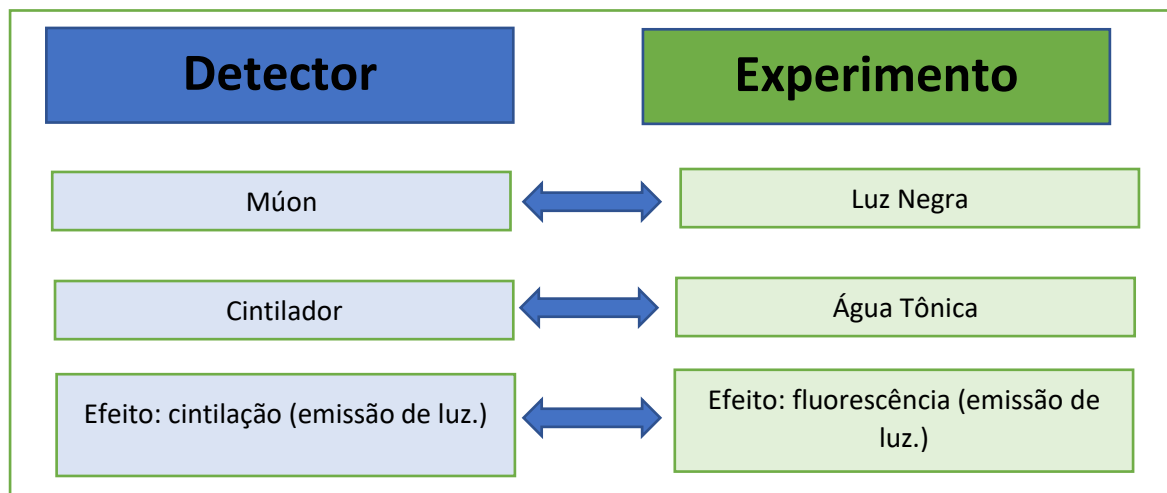
(C) Recipiente com água tônica sendo iluminado lateralmente pela luz negra momentos antes da inserção da água sanitária.



(D) Momentos após a inserção de quantidade suficiente de água sanitária para parar o fenômeno de fluorescência.

## De volta ao detector

Como esse experimento nos ajuda a entender o funcionamento do detector?  
Bem, vamos explicitar a analogia.



A luz negra no experimento seria análoga ao múon: é a fonte de radiação incidente. Mas a luz negra não é igual ao múon: a luz negra é uma onda eletromagnética, enquanto que o múon é uma partícula com carga negativa.

Ao incidir a luz negra na água tônica, como vimos, eles interagem e produzem como efeito a fluorescência (emissão de luz). Analogamente, quando o múon incide no cintilador, eles interagem e produzem como efeito a cintilação (emissão de luz).

No entanto, esse efeito só acontece dependendo das propriedades do material em que essa radiação está incidindo. Por exemplo, quando adicionamos a água sanitária na água tônica, a água tônica perde a propriedade que fazia ela interagir com a luz negra produzindo o fenômeno de fluorescência. Analogamente, se o cintilador perder a propriedade de reagir com o múon, não haverá o efeito de cintilação. E qual propriedade é essa? Numa primeira aproximação, podemos entender como a carga elétrica dos átomos que compõe o cintilador, que interagem com a carga elétrica do múon.

Mas e depois que essa luz é produzida? Como sabemos que detectamos um múon? Agora precisamos saber como a produção dessa luz se transforma em dados quantitativos que aparecem no computador.

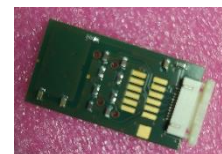
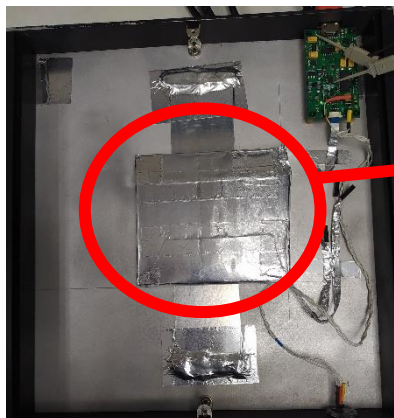
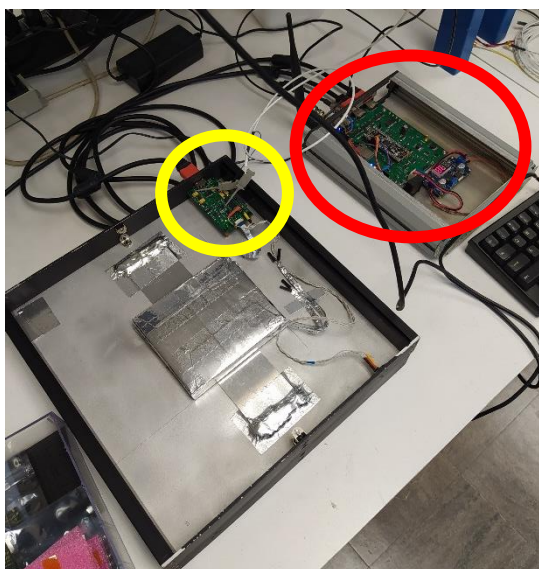


Foto-sensor

Cintilador (A placa é transparente)

Dentro do alumínio circulado em vermelho, temos duas placas de cintiladores, uma em cima da outra, sendo que entre elas há alumínio para isolar. Na lateral das placas cintiladoras, há um foto-sensor. Quando o múon passa pelos dois cintiladores, há a produção de luz em cada um deles, onde essa luz vai para o foto-sensor. Nesse foto-sensor, a luz é transformada em sinal elétrico.



Após a luz do cintilador ser transformada em sinal elétrico pelo foto-sensor, esse sinal elétrico passa por um circuito eletrônico, primeiro no front-end (no círculo amarelo) e depois no back-end (no círculo vermelho).

No back-end (círculo vermelho), temos um GPS (círculo azul na imagem ao lado, na componente que está com a luz azul), igual ao que tem nos celulares, para podemos saber a localização em que a detecção aconteceu.

Via Wi-fi, transmite-se as informações de detecção, que são organizadas e traduzidas pelos computadores.



## APRESENTAÇÃO

Na aula anterior partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observaram um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprenderam sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), nomeadamente: cintilador e fotossensor. **Nesta aula**, explora-se o Jupyter, e visando elaborar histogramas. Apresenta-se o que são histogramas e, utilizando os dados de detecção, elabora-se histogramas, interpretando suas informações.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Aprender alguns comandos básicos que serão importantes para a elaboração dos histogramas.
- Elaborar histograma (número de detecções em cada intervalo de horas) utilizando o jupyter, a partir do notebook (no notebook já há uma explicação sobre o que é um histograma com um exemplo).
- Conhecer diferentes formas gráficas de expor os dados e avaliar a utilidade de utilizar o histograma.
- Aprender qual o propósito de um histograma.

## Material de Apoio – Aula 6 e 7

Na **aula anterior** partindo do problema de como enxergar o invisível, os estudantes observaram um instrumento visual de detecção (câmara de nuvens) e aprenderam sobre algumas componentes de um instrumento quantitativo de detecção (nosso detector), através de uma demonstração, nomeadamente: cintilador e fotossensor. Nesta aula, explora-se o Jupyter, visando elaborar histogramas. Apresenta-se o que são histogramas e, utilizando os dados de detecção, elaboram-se histogramas, interpretando suas informações. Ao invés de vivenciarem uma demonstração, os estudantes vivenciarão um experimento.

### Ficha técnica

#### Objetivos de aprendizagem:

- Aprender alguns comandos básicos que serão importantes para a elaboração dos histogramas.
- Elaborar um histograma à mão, utilizando um exemplo próximo dos estudantes.
- Elaborar um histograma (número de detecções em cada intervalo de horas) utilizando o Jupyter.
- Avaliar a utilidade de utilizar o histograma.

**Habilidades mobilizadas** – Eixo Estruturante: Investigação Científica

#### Habilidades relacionadas às competências gerais/eixos estruturantes:

(EMIFCG01) Identificar, selecionar, processar e analisar dados, fatos e evidências com curiosidade, atenção, criticidade e ética, inclusive utilizando o apoio de tecnologias digitais.

(EMIFCG02) Posicionar-se com base em critérios científicos, éticos e estéticos, utilizando dados, fatos e evidências para respaldar conclusões, opiniões e argumentos, por meio de afirmações claras, ordenadas, coerentes e compreensíveis, sempre respeitando valores universais, como liberdade, democracia, justiça social, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade.

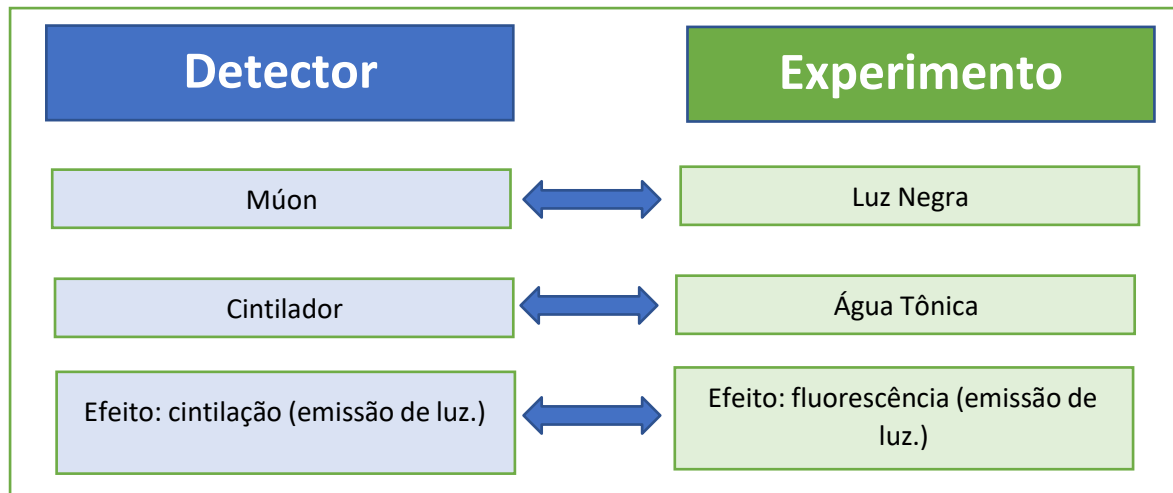
#### Habilidades específicas associadas aos eixos estruturantes:

(EMIFCNT01) Investigar e analisar situações-problema e variáveis que interferem na dinâmica de fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, considerando dados e informações disponíveis em diferentes mídias, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

(EMIFCNT03) Selecionar e sistematizar, com base em estudos e/ou pesquisas (bibliográfica, exploratória, de campo, experimental etc.) em fontes confiáveis, informações sobre a dinâmica dos fenômenos da natureza e/ou de processos tecnológicos, identificando os diversos pontos de vista e posicionando-se mediante argumentação, com o cuidado de citar as fontes dos recursos utilizados na pesquisa e buscando apresentar conclusões com o uso de diferentes mídias.

## Explorando histogramas com o Jupyter

Anteriormente nós realizamos a demonstração “A água que brilha no escuro”, em que a ideia era estabelecer uma analogia entre a fluorescência da água tônica ao ser irradiada pela luz negra com a cintilação do cintilador ao ser irradiado por múons.



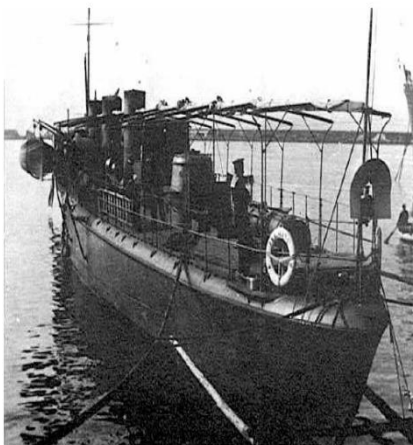
A luz produzida na interação do cintilador com o múon é então transformada pelo foto-sensor em um sinal elétrico, que passa por um circuito eletrônico, onde se associa a informação da detecção com outras informações (dia, horário, condições da detecção).

Retornando à algumas questões levantadas no início (como observar o invisível, de que tudo é feito, etc.), notamos que a forma de encontrar respostas através da ciência envolvem a elaboração de métodos de investigação, quase sempre mediados por instrumentos sofisticados. Desse modo, para termos uma ótima compreensão é necessário saber o funcionamento desses instrumentos.

Mais do que isso, por vezes as teorias desempenham papel fundamental nessa investigação. Para notarmos isso, podemos lembrar o experimento de Pacini:



## **6 - Domenico Pacini se aventurando pelo mar**



**Domenico Pacini** realizou diferentes experimentos em montanhas, mar e lagos. Em seus experimentos no mar, sua inovação foi realizar duas medições diferentes. Colocando o eletrômetro numa caixa de cobre, media o descarregamento na superfície do barco e depois imergia esse equipamento há 3 metros de profundidade do mar, para medir o descarregamento. Seus resultados apontaram que dentro do mar, perdia-se cerca de 20% do descarregamento.

Supondo que a radiação vem de cima, este era justamente o valor da previsão das equações de absorção dos raios ionizantes pela água do mar.



*“[Parece] a partir dos resultados do trabalho descrito nesta Nota que existe uma causa considerável de ionização na atmosfera, proveniente da radiação penetrante, independente da ação direta de substâncias radioativas no solo.”* (PACINI 1912 apud GIGLIETTO, p.6, 2011)

Para poder extrair informações a partir da coleta de dados, ele realizou uma previsão teórica sobre qual deve ser a diminuição do descarregamento do eletrômetro, partindo do pressuposto de que os raios cósmicos não são terrestres. Os dados coletados por ele apontam que há um acordo com a previsão. Notamos então que há um intenso diálogo entre teoria e experimentos.

### **Um primeiro Histograma**

A coleta de dados é uma etapa muito importante, e agora nós já entendemos como ela é realizada pelo detector. Entretanto, só ela não é suficiente para investigarmos a natureza. O experimento do Pacini ilustra isso. Se ele apenas tivesse medido o descarregamento do eletrômetro, seu experimento teria um impacto menor – foi fundamental ele ter tentado extrair mais informações a partir disso, e ele fez através da comparação com a previsão teórica.

Mas como podemos extrair mais informações dos dados coletados?

Um primeiro ponto é que por vezes é difícil compreender as informações mais imediatas dos dados coletados – e para isso, é necessário realizar o tratamento dos dados. Para ilustrar isso, vamos realizar uma atividade.

### Atividade: quais são as idades mais presentes?

Pergunte aos estudantes a idade de 5 pessoas que eles conheçam (o número de pessoas pode variar de acordo com o número de estudantes na sala). Anote na lousa apenas a idade que eles falarem. Por exemplo, supondo uma turma de 9 estudantes, teríamos algo como:

9	18	8	8	4	14	7	3	2	6
18	7	3	15	15	4	17	1	14	5
4	16	4	5	8	6	5	18	5	2
9	11	12	1	9	2	10	11	4	10
9	18	8	8	4	14	7	3	2	6

Esses são os dados coletados. Mas como extrair informações desses dados? Poderíamos nos indagar, por exemplo, qual é a faixa de idade que tem mais pessoas. Será que tem mais pessoas entre 16 e 18 anos, ou será que tem mais entre 5 e 7? Ou ainda, qual será que é a idade que mais aparece?

Para responder à essas perguntas, podemos proceder de duas formas. A primeira, seria a mais imediata, que consistiria em contar quantas pessoas tem entre 16 e 18 anos, contar quantas tem entre 5 e 7 e então comparar. A segunda forma, seria fazer algo mais generalizável, em que fosse possível não só comparar essas duas faixas de idades, mas qualquer faixa semelhante. É essa segunda forma que iremos proceder.

Para isso iremos elaborar um gráfico. Mas é um tipo específico de gráfico, chamado de histogramas: um gráfico que mostra a frequência ou o número de vezes que algo acontece em um intervalo específico.

De que precisamos?

- Régua.
- Folha de papel

1. Usando uma régua, desenhe os eixos, como mostra a Figura 1. Estas são as linhas vertical e horizontal que formam o contorno básico do histograma



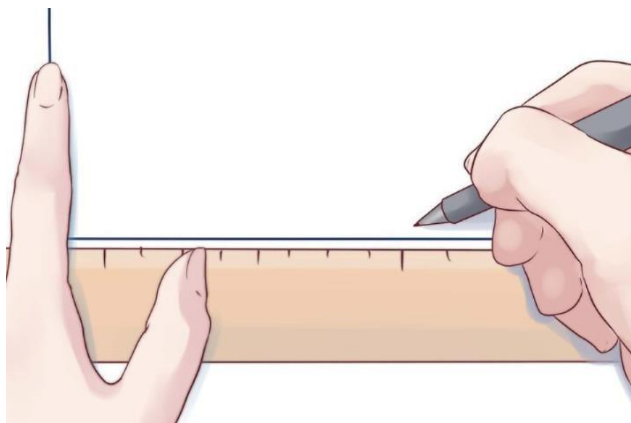


Figura 1 – Desenhando os eixos do histograma

2. Organize os canais. Em um histograma, os dados são visualizados em canais (agrupamentos). Esses canais são distribuídos uniformemente, portanto, você precisará fazer marcas de cada um deles ao longo do eixo horizontal. No exemplo da Figura 2 cada canal representa uma faixa etária: 0-4, 5-9, 10-14, 15-19, etc.

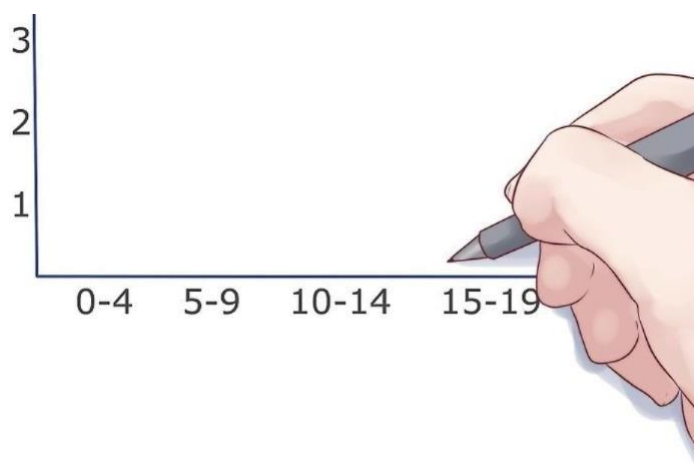


Figura 2 – Determinando os canais do histograma

3. Desenhe as linhas superiores horizontais para cada intervalo ou grupo levemente, no nível em que os dados foram medidos. Em seguida, desenhe as barras centralizadas sobre o ponto de dados que representam. Certifique-se de que as barras sejam uniformes e tenham a mesma largura entre si, como mostra a Figura 3.

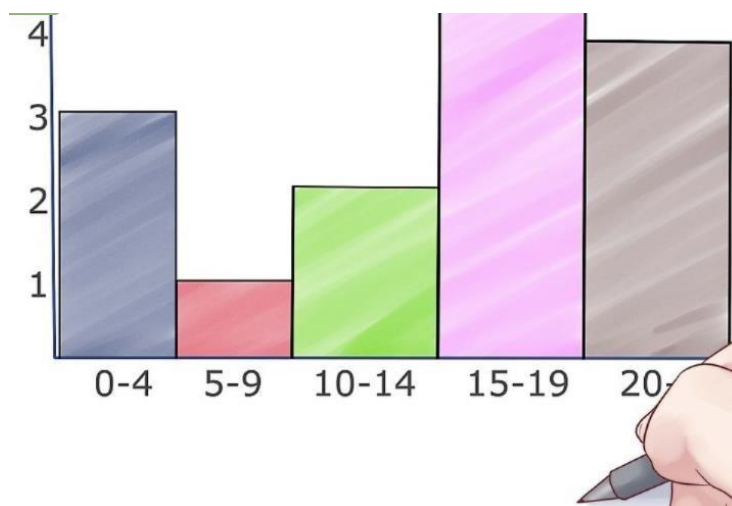


Figura 3 – Completando as frequências de ocorrência para cada canal do histograma.

No caso ilustrado, há 3 pessoas entre 0 a 4 anos.

Agora, vamos construir um histograma para as idades coletadas. O primeiro passo é determinar qual é faixa de idades que queremos estudar. A partir disso, apontamos qual é a frequência de ocorrência de idades para aquela faixa. Por fim, montamos o histograma.

Sugerimos separar os estudantes em duplas para tentarem montar histogramas. Talvez seja interessante dar um número de canais diferentes para cada dupla.

## Dificuldades e benefícios

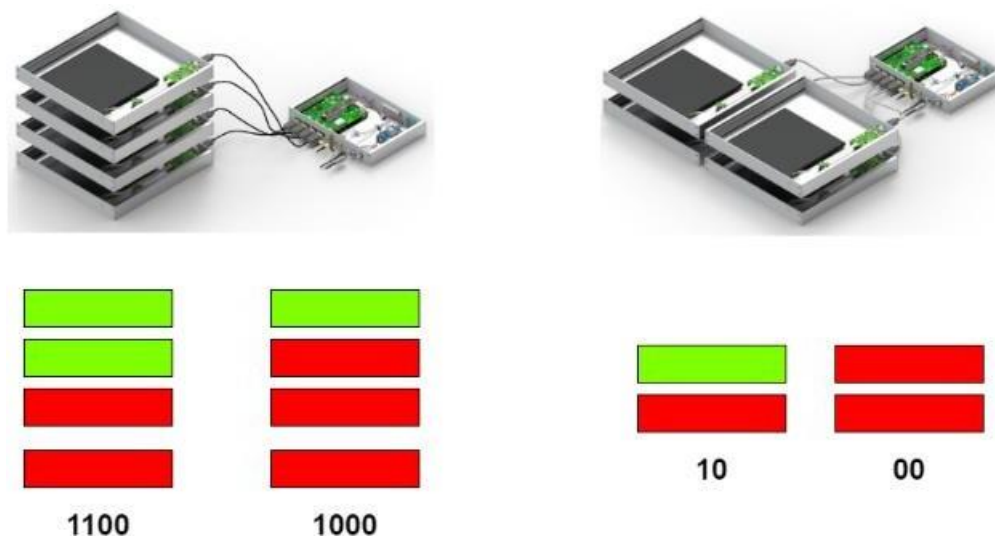
Nesse ponto, podemos notar algumas das dificuldades para elaborar o histograma. Por vezes, pode ser trabalhoso contar qual é a frequência para uma dada idade, além de acabar dependendo um tempo para montar o gráfico.

Entretanto, a forma gráfica depois de pronta fornece rapidamente as informações de qual é a frequência em cada canal, além de facilitar a comparação entre diferentes canais.

Mas e no caso do nosso detector? Nesse primeiro momento, vamos olhar para três informações que ele fornece. Os dados são mostrados em uma tabela, da seguinte forma:

	EventNumber	TriggerBits	Timestamp
1	109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
2	109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
3	109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
4	109494	1000111	1989-09-29 13:55:04

Onde EventNumber seria o número do evento. O triggerBits é a informação de qual sensor foi acionado. Isso porque nós podemos ter diferentes sensores, e podemos colocar com diferentes disposições, conforme figura abaixo:



O timestamp fornece a informação de qual dia e horário ocorreu a detecção. Na tabela acima, seria a detecção ocorrida em 2019, mês 09 e dia 29, por volta das 13hs (o ano está incorreto na figura, pois mostra 1989, sendo apenas um problema na configuração da coleta).

Mas e se quiséssemos montar histogramas com esses dados? Poderíamos colocar o nosso detector nesta sala e deixar ele detectando múons ao longo de um dia. Após isso, poderíamos avaliar em qual horário teve um maior número de detecções.

Entretanto, se formos fazer com o papel vamos encontrar um problema. Isso porque o número de detecções que iríamos encontrar seria muito grande!

No dia 29 de setembro de 2019, nós realizamos um teste. Nós ligamos o detector às 13:55, e deixamos ele coletando dados até o final do dia. Nós chegamos em 54754 detecções apenas naquele detector!

	EventNumber	TriggerBits	Timestamp
54752	164242	1000111	1989-09-29 23:59:57
54753	164243	1000111	1989-09-29 23:59:59
54754	164244	1000111	1989-09-29 23:59:59

Se fossemos tentar montar histogramas à mão com esses dados, seria muito inviável.

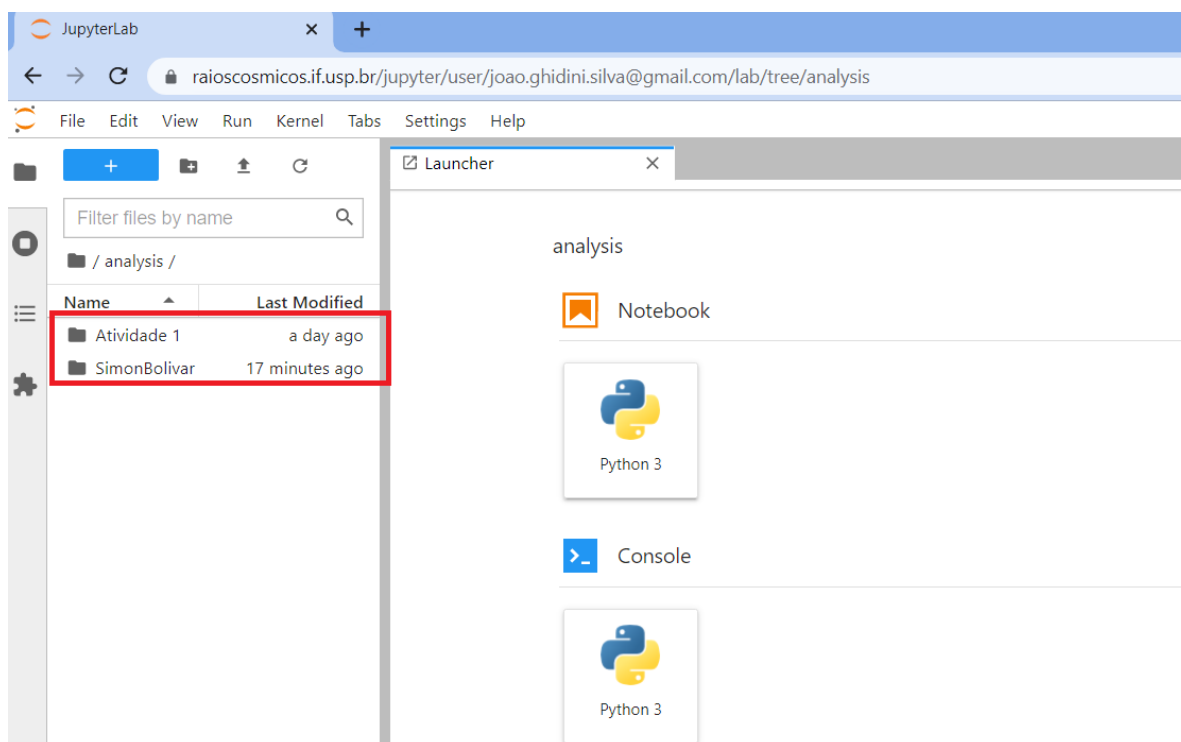
Para superar isso, nós utilizamos a tecnologia!

## O Jupyterlab

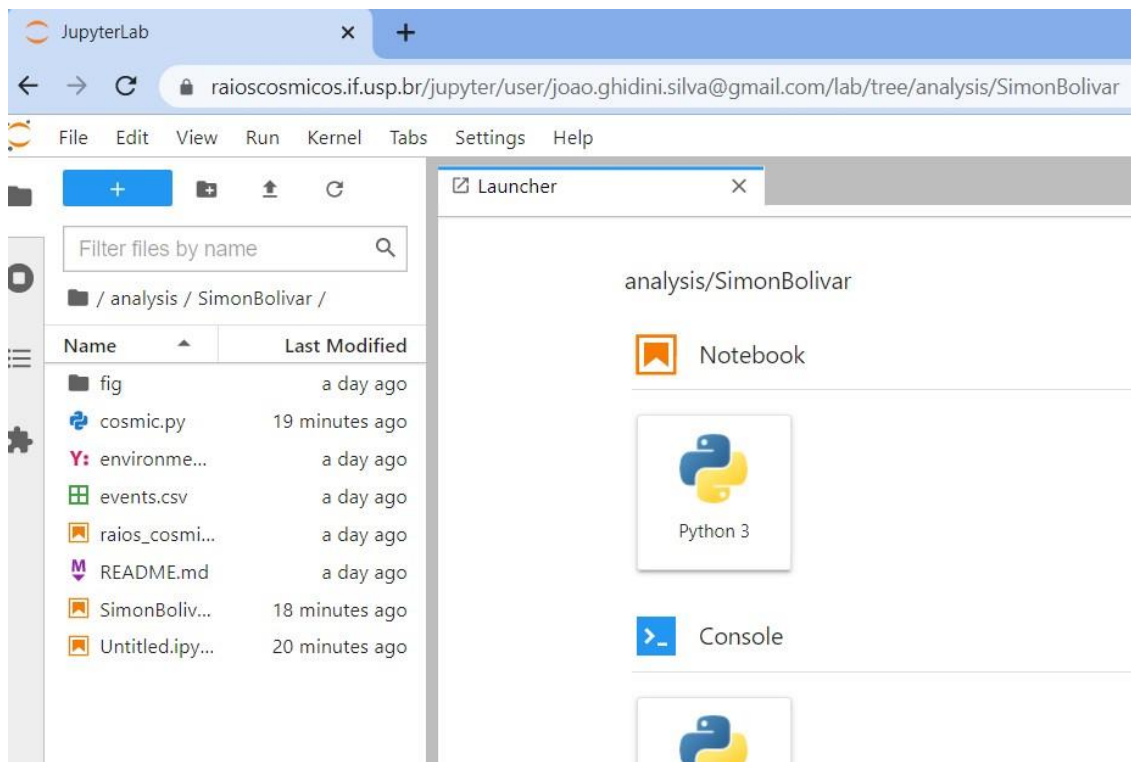
Para essa atividade os estudantes devem entrar no servidor do JupyterLab do projeto:

<https://raioscosmicos.if.usp.br/jupyter/user/joao.ghidini.silva@gmail.com/lab/tree/analysis>

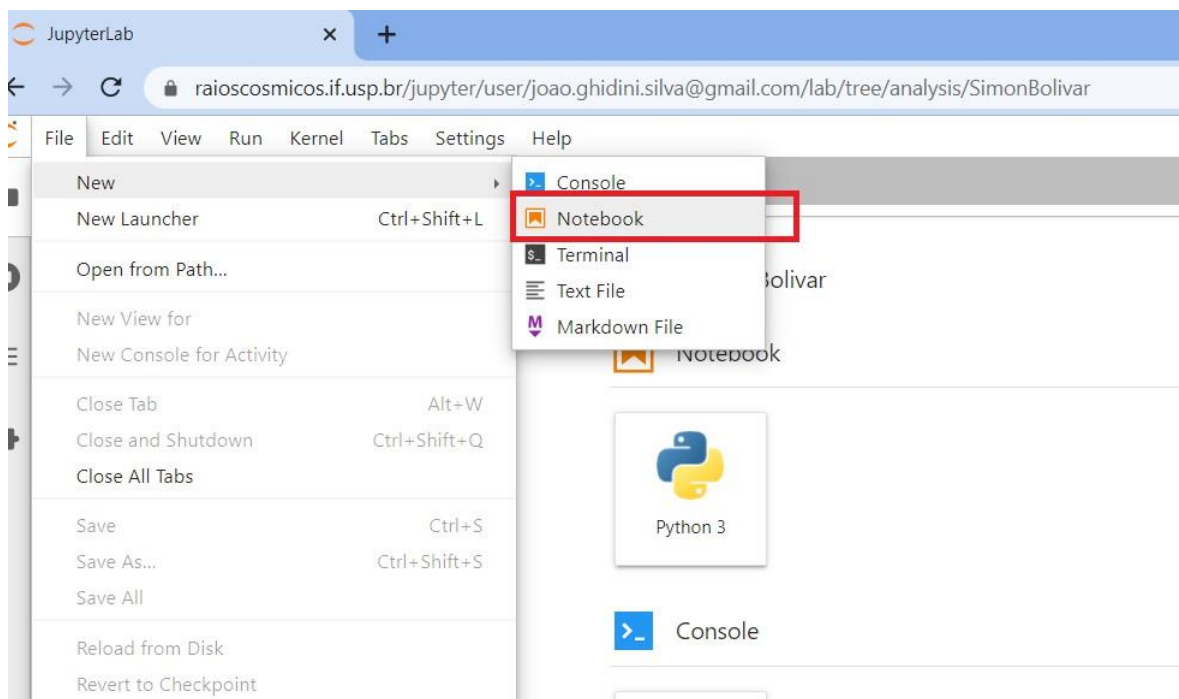
E abrir a pasta correspondente à escola.



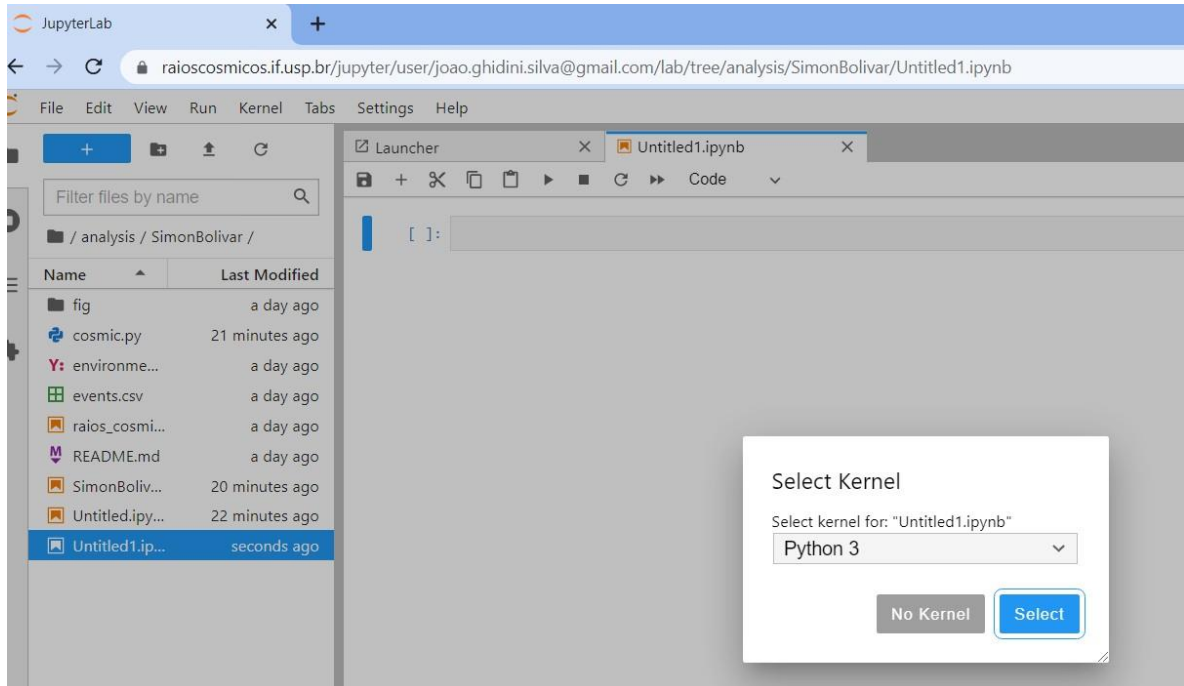
Dentro dessa pasta, eles verão a seguinte imagem:



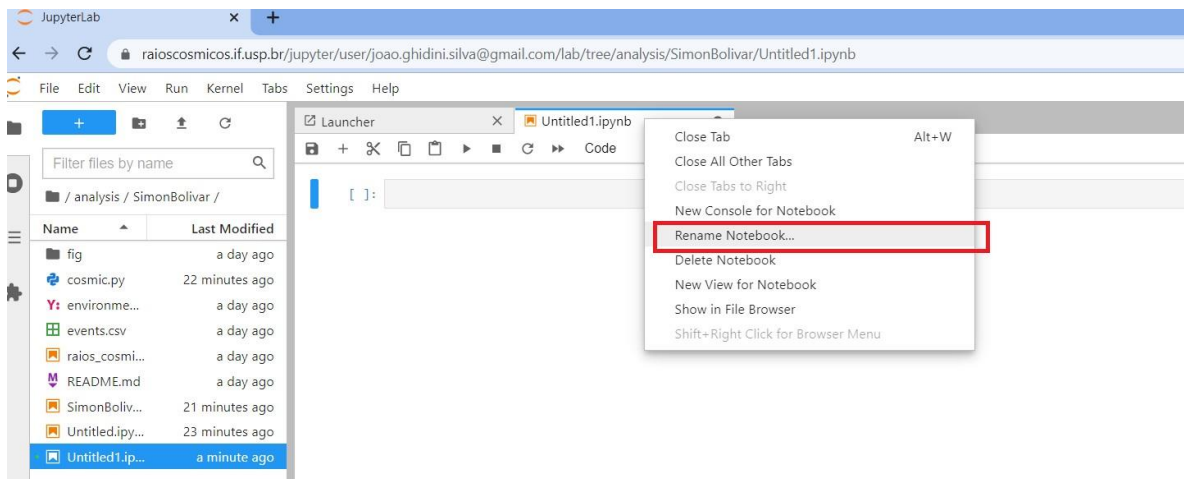
Devem então clicar no botão File, no canto superior esquerdo, colocar o ponteiro do mouse em cima de New e em seguida clicar em “Notebook”.



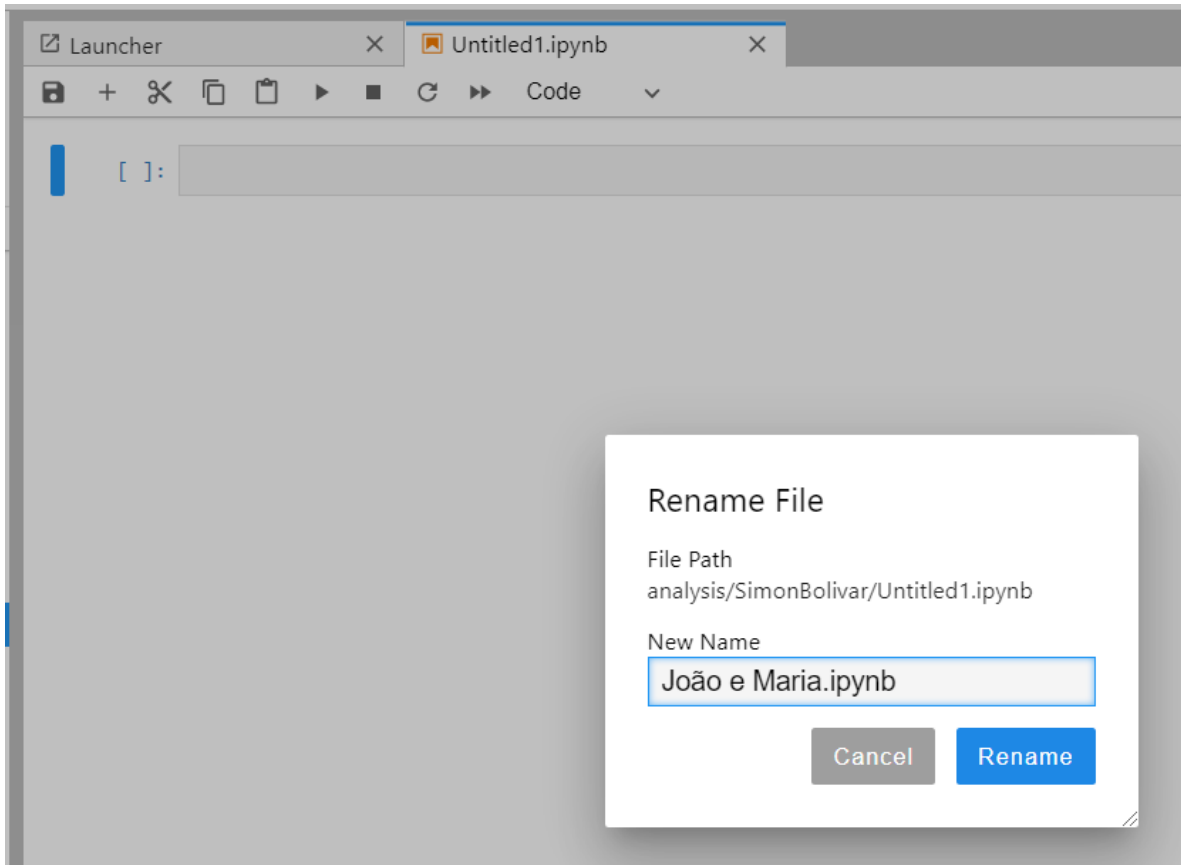
Na caixa que abrirá, deverão deixar selecionado “Python 3” e clicar em “Select”



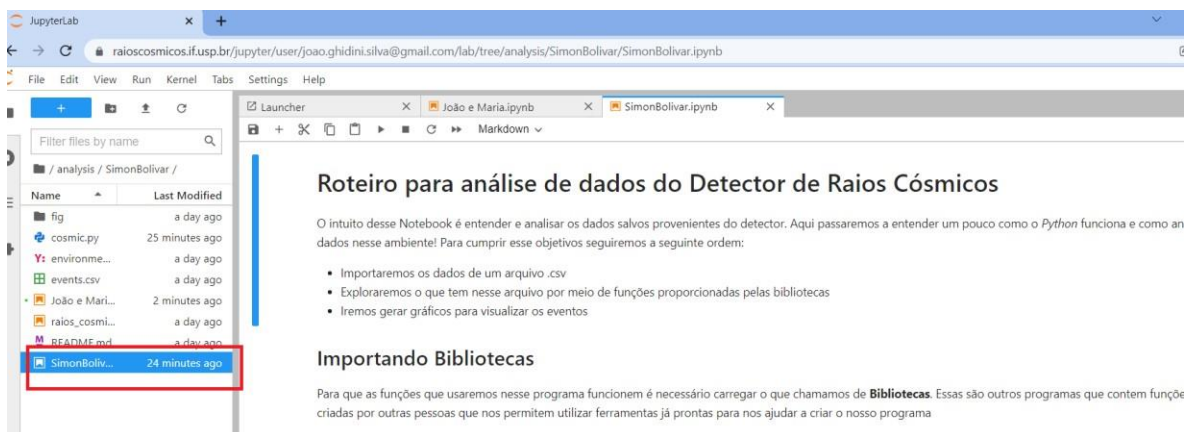
Devem então clicar com o botão direito no título do arquivo, e então clicar em Rename Notebook



Devem então digitar o nome dos integrantes e em seguida clicar em Rename. Esse será o Notebook desses integrantes!



Agora, além desse notebook criado pelos estudantes, eles deverão abrir o notebook que tem o nome da escola, dando um duplo clique sobre ele:



Para essa atividade, os estudantes devem ir alternando entre o notebook deles e o notebook da escola.

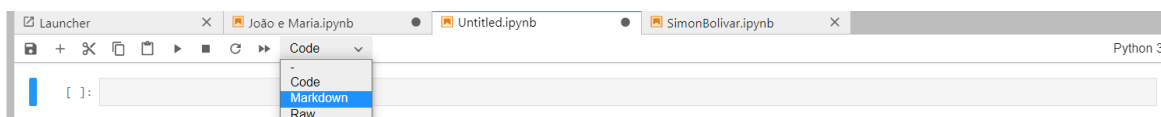
Eles devem ir lendo o roteiro escrito no notebook da escola, e sempre que encontrarem uma caixa de texto que ao lado direito tem um número entre colchetes, devem copiar o texto e alternar para o notebook que criaram.

## matplotlib

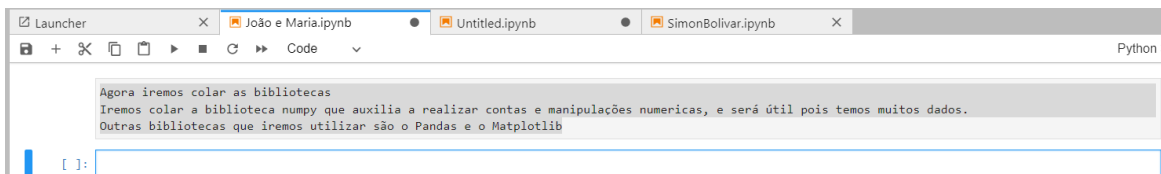
Matplotlib é uma biblioteca que possibilita a criação de gráficos robustos e altamente customizáveis. Além disso, é muito intuitivo conseguir construir um gráfico básico, o que o torna extremamente didático para iniciantes.

```
[1]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

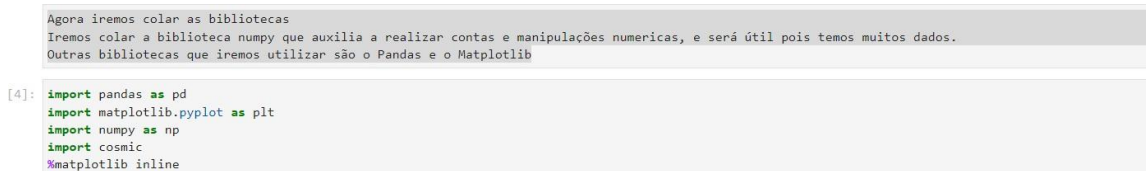
No notebook que criaram, devem clicar no botão code no canto superior e selecionar Markdown. Com o markdown, o que os estudantes escreverem será lido pelo programa apenas como texto, e não um código.



Nessa linha, os estudantes devem escrever com as próprias palavras o que entenderam do texto do Notebook da escola, anunciando o que estarão fazendo.



Após terminar de digitar, devem apertar alt+enter. Na nova linha, com “code” selecionado, devem colar o código que haviam copiado do notebook da escola:



Devem repetir esse processo para todo o roteiro.

**Que informações obtemos?**



Ao final, os estudantes devem ter encontrado dois histogramas. Olhando para os histogramas, levante questões para os estudantes:

- Há algum horário que exista uma variação significativa de detecções?
- Há alguma diferença no número de detecções entre esses dois dias?
- Quantas detecções aconteceram no horário X do dia Y?
- Vocês acreditam que nessa hora que passamos aqui na sala de aula, esse número todo de múons atravessaram cada um de vocês?

## A.2 - Questionários para estudantes, professor e roteiros de entrevista

### Questionário Inicial

- 1) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

A) Eu gosto de aprender física. \_\_\_\_

B) Tenho curiosidade de aprender sobre os conhecimentos e problemas atuais da física  
\_\_\_\_\_

C) Tenho contato com computadores/notebooks com frequência fora da escola \_\_\_\_\_

D) Já utilizei o Excel anteriormente \_\_\_\_\_

E) Já tive contato com programação anteriormente \_\_\_\_\_

- 2) Imagine que um colega te conta a seguinte reflexão: **“As canetas são tão diferentes dos cadernos, e a parede é tão diferente da água. Mas será que se nós dermos um super zoom nessas diferentes coisas, nós conseguiríamos encontrar algum elemento em comum? Será que tem algo que faz parte de todas as coisas? Como será que é a sua estrutura?”**. Ao finalizar a reflexão, ele pergunta a sua opinião. O que você responderia?

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

- 3) Imagine que um amigo encontrou uma notícia que continha a seguinte informação: **“Cientistas descobrem que há milhares de partículas invisíveis à olho nu caindo do céu na cidade de São Paulo.”**. Seu amigo fica intrigado, e te faz a seguinte pergunta: **Afinal, se as partículas são invisíveis para os nossos olhos, como os cientistas sabem que realmente tem partícula ali?** O que você responderia?

---



---



## Questionário Final

Nome: \_\_\_\_\_

1) Quais foram os dois momentos ao longo dessas 8 aulas que você mais gostou?

---



---



---

2) Quais foram os dois momentos ao longo dessas 8 aulas que você menos gostou?

---



---



---

3) Imagine que um amigo encontrou uma notícia que continha a seguinte informação: **“Cientistas descobrem que há milhares de partículas invisíveis à olho nu caindo do céu na cidade de São Paulo.”** Seu amigo fica intrigado, e te faz a seguinte pergunta: **Afinal, se as partículas são invisíveis para os nossos olhos, como os cientistas sabem que realmente tem partícula ali?** O que você responderia?

---



---



---

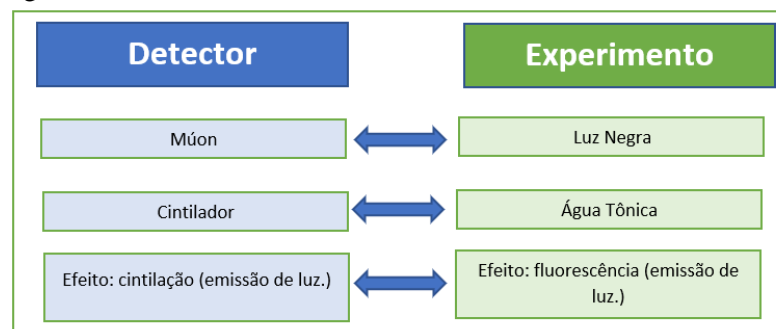


---



---

4) Nas aulas anteriores, vocês entraram em contato com o experimento da “água que brilha no escuro”, em que o professor irradiou luz negra em um pote transparente com água tônica. A proposta era estabelecer uma analogia entre esse experimento e o detector, conforme figura abaixo:



Com base nisso, tente explicar qual era a analogia, explicitando o funcionamento dessa componente do detector.

---



---




---



---

- 5) Na atividade dos cartões, sobre o início da pesquisa em raios cósmicos, havia o seguinte cartão:



### 5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel

Theodor Wulf realizou um experimento bem criativo. Ele **supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra** e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Para isso ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.

Com as equações e o coeficiente de absorção da época, **era previsto** que em 80 metros de altura, o descarregamento deveria cair pela metade, e no topo da torre ele deveria ser nulo. Nessa suposição, o descarregamento iria diminuir pois a quantidade de raios ionizantes iria diminuir, uma vez que eles seriam absorvidos pelo ar durante a trajetória.

Wulf então **realizou os experimentos** utilizando uma variação do Eletroscópio, conhecida como Eletrômetro, tanto no solo quanto a 300m, e notou que no topo o descarregamento diminuiu menos da metade. Surge um problema entre a previsão teórica e os experimentos.

Duas hipóteses surgem: (a) as equações/coeficiente de absorção estão **errados**; (b) existem fontes de radiação na atmosfera. A hipótese (a) era improvável pois haviam diversos outros experimentos em que as equações funcionavam bem. No entanto, Wulf não apreciava a opção (b), admitindo que a explicação mais provável para seu resultado intrigante ainda era a emissão do solo.

Na sua opinião, como esse cartão contribuía para pensarmos que a radiação é terrestre? E para pensarmos que ela é extraterrestre?

---



---



---



---



---



---



---

- 6) Na sua opinião, quais os casos em que é útil fazer um gráfico Histograma?

---



---



---

# Questionário para o Professor – Aula 1

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

## AULA 1: Questões gerais

- 5) Sendo **1 discordo muito** e **5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.
- F) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para a aula 1.  
\_\_\_\_\_
- G) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. \_\_\_\_\_
- H) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado. \_\_\_\_\_
- 6) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

---

---

---

---

---

---

---

---

## AULA 1: Questões específicas

- 7) Sendo **1 discordo muito** e **5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.
- I) Tive facilidade de utilizar a notícia eletrônica para levantar questões com os estudantes\_\_\_\_
- J) Acredito que o encadeamento conceitual do material estava claro e adequado \_\_\_\_\_
- K) Tive facilidade para discutir com os estudantes sobre as instituições de pesquisa científica relacionadas à física de partículas\_\_\_\_\_
- 8) Espaço livre para comentário final

---

---

---

---

---

---

---

---

## Questionário para o Professor – Aula 2 e 3

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

### AULA 2 e 3: Questões gerais

- 9) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.
- L) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para esta aula  
\_\_\_\_\_
- M) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. \_\_\_\_\_
- N) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado. \_\_\_\_\_
- 10) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

---

---

---

---

---

---

---

---

### AULA 2 e 3: Questões específicas

- 11) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.
- O) Tive facilidade para explicar o funcionamento do eletroscópio para os estudantes \_\_\_\_\_
- P) Me senti seguro para explicar/abordar às informações contidas nos cartões \_\_\_\_\_
- Q) Acredito que a atividade poderia ser mais desafiadora \_\_\_\_\_
- R) Acredito que em geral os estudantes entenderam bem e realizaram adequadamente a atividade proposta \_\_\_\_\_

- 12) Espaço livre para comentário final

---

---

---

---

---

## Questionário para o Professor – Aula 4 e 5

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

### AULA 4 e 5: Questões gerais

13) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

S) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para esta aula

—

T) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. \_\_\_\_

U) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado. \_\_\_\_

14) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

---

---

---

---

---

---

---

---

### AULA 4 e 5: Questões específicas

15) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5 ou escrevendo NA para o caso em que Não se Aplica.

V) Acredito que o momento da câmara de nuvens foi proveitoso para os estudantes \_\_\_\_

W) A explicação para o funcionamento do cintilador poderia ser mais desafiadora \_\_\_\_

X) O experimento “A água que brilha no escuro” funcionou bem para explicar fluorescência

—

Y) Acredito que caberia mais informações sobre a explicação do foto-sensor e do circuito eletrônico \_\_\_\_

16) Espaço livre para comentário final

---

---

---

---

---



## Questionário para o Professor – Aula 6 e 7

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

### AULA 6 e 7: Questões gerais

17) Sendo **1 discordo muito** e **5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

Z) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para esta aula

—

AA) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. \_\_\_\_\_

BB) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado.

\_\_\_\_\_

18) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

---



---



---



---



---

### AULA 6 e 7: Questões específicas

19) Sendo **1 discordo muito** e **5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5 ou escrevendo NA para o caso em que Não se Aplica.

CC) Acredito que a atividade de realizar histograma à mão seja útil e adequada \_\_\_\_\_

DD) Eu tive dificuldade para entender o que precisava ser feito no JupyterLab \_\_\_\_\_

EE) Acredito que os estudantes tiveram dificuldade para entender o que precisava ser feito no JupyterLab \_\_\_\_\_

FF) Existe uma grande necessidade de ampliar as possibilidades de atividades utilizando os dados do detector \_\_\_\_\_

20) Espaço livre para comentário final

---



---



---



---



---

## Roteiro de Entrevista – Estudantes

Em preto questões constantes

Em negrito questões situacionais.

- Há quanto tempo você estuda aqui no Simon Bolívar?
- Há quanto tempo o Carlos é seu professor?
- **Quais as diferenças entre ter aula com o Carlos e seu professor de física anterior?**
- Quais são os tipos de atividades que você normalmente faz nas aulas de física?
- Por que você topou participar dessas aulas extracurriculares?
- Estamos chegando ao final desse curso extracurricular, hoje já é o último dia e agora férias, curtidão haha. O que desses dias que passamos mais te marcou?
- Teve aquela primeira atividade que você fez em dupla. Como foi a sua interação com a sua dupla? Você acha que funcionou bem?
- Suponha que um amigo seu ficou sabendo dessa primeira atividade dos cartões, ficou curioso e te perguntou: “E ai, qual era a ideia da atividade? Como foi ela?” O que você responderia?
- **Daqueles cartões, você se lembra de algum?**
- **Humm e teve algum cartão que você achou mais complicado?**
- Você lembra qual foi a conclusão que vocês chegaram? Se era terrestre ou extraterrestre?
- **Sendo sincero, em algum momento você cogitou que poderia ser terrestre?**
- **Você acha que teria algum cenário que você escreveria na folha que era terrestre?**
- Você já tinha feito alguma atividade em que vocês precisavam identificar qual era o conhecimento que contribuía para uma conclusão científica?
- Imagina que um amigo seu se deparou com a seguinte notícia: “cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino”, e ele fica curioso porque na notícia diz que não dá para enxergar a partícula com os olhos. E então ele te pergunta: como será que os cientistas descobriram isso? O que você diria pra ele?
- Se alguém te pergunta se existe uma mesa aqui nessa sala, você pode tentar ver ou tocar a mesa e assim você sabe que ela existe. Mas quando estamos estudando raios cósmicos, estamos falando de coisas que estão fora da percepção dos nossos sentidos. Você acha que tem mesmo raios cósmicos caindo em você durante essa conversa?

## Questionário para os Entrevistados:

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

---

---

---

---

## Roteiro de Entrevista – Professor

Em preto questões constantes

- Há quanto tempo você dá aulas para a escola básica?
- Você se lembra por que quis ser professor de física?
- Há quanto tempo você dá aula aqui no Simon Bolívar?
- Você dá aula para todas as turmas do ensino médio?
- Quais são em geral os conteúdos que você dá para o 1º ano?
- Quais são as atividades que em geral você cobra para o 1º ano?
- Quais são em geral os conteúdos que você dá para o 2º ano?
- Quais são as atividades que em geral você cobra para o 2º ano?
- Quais são em geral os conteúdos que você dá para o 3º ano?
- Quais são as atividades que em geral você cobra para o 3º ano?
- Quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea normalmente você gosta de discutir?
- Quais foram os momentos que você aprendeu sobre esses tópicos?
- Você traz problemas do vestibular para os estudantes?
- O que você acha dos problemas do vestibular?
- Qual você acha que é o papel da escola? Como a física contribui para isso?
- Há quanto tempo você está no projeto de raios cósmicos?
- Você lembra como foi o processo para entrar no projeto?
- Em média, quanto tempo você levou para preparar cada aula?
- Quando você se depara com a tarefa de explicar algo, o que você geralmente busca para conseguir fazer isso?
- Qual você acha que foi o melhor momento da sequência?  
Qual você acha que foi o momento da sequência que não ficou tão bom?

## Termo de consentimento livre e esclarecido

**Título da pesquisa:** Explicando modelos: elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Raios Cósmicos

**Pesquisador responsável:** João Pedro Ghidini da Silva

**Instituição:** Universidade de São Paulo

**Local da coleta de dados:** E.E. Simon Bolívar

Eu, João Pedro Ghidini da Silva, responsável pela pesquisa intitulada "Explicando modelos: elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Raios Cósmicos", o convido a participar como voluntário do nosso estudo.

Esta pesquisa pretende investigar a relação de professores e estudantes com um material didático de Raios Cósmicos. Acreditamos que ela seja importante para aperfeiçoar futuras experiências didáticas utilizando esse material. Para a realização desta pesquisa, basta que você responda de forma escrita um conjunto de perguntas explicitando a sua opinião.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Também serão utilizadas imagens, garantindo o anonimato.

### Autorização

Eu, \_\_\_\_\_, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro que a minha participação é voluntária e podendo retirar o meu consentimento a qualquer momento sem penalidades. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa e dos procedimentos aos quais serei submetido. Diante do exposto e de espontânea vontade, expresso minha concordância em participar deste estudo e assino esse termo em duas vias, uma das quais foi-me entregue.

Assinatura do voluntário

Assinatura do responsável pela pesquisa

Local, E.E. Simon Bolívar.

## Termo de consentimento livre e esclarecido

**Título da pesquisa:** Explicando modelos: elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Raios Cósmicos

**Pesquisador responsável:** João Pedro Ghidini da Silva

**Instituição:** Universidade de São Paulo

**Local da coleta de dados:** E.E. Simon Bolívar

Eu, João Pedro Ghidini da Silva, responsável pela pesquisa intitulada "Explicando modelos: elaboração e avaliação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Raios Cósmicos", o convido a participar como voluntário do nosso estudo.

Esta pesquisa pretende investigar a relação de professores e estudantes com um material didático de Raios Cósmicos. Acreditamos que ela seja importante para aperfeiçoar futuras experiências didáticas utilizando esse material. Para a realização desta pesquisa, basta que você responda de forma oral um conjunto de perguntas explicitando a sua opinião.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Também serão utilizadas imagens, garantindo o anonimato.

### Autorização

Eu, \_\_\_\_\_, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro que a minha participação é voluntária e podendo retirar o meu consentimento a qualquer momento sem penalidades. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa e dos procedimentos aos quais serei submetido. Diante do exposto e de espontânea vontade, expresso minha concordância em participar deste estudo e assino esse termo em duas vias, uma das quais foi-me entregue.

Assinatura do voluntário

Assinatura do responsável pela pesquisa

Local, E.E. Simon Bolívar.

## Questionário para os Entrevistados:

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

---

---

---

---

## A.3 - Dados coletados

### Respostas: Questionário para estudantes – Inicial

21) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

GG) Eu gosto de aprender física. \_\_\_\_

HH) Tenho curiosidade de aprender sobre os conhecimentos e problemas atuais da física \_\_\_\_

II) Tenho contato com computadores/notebooks com frequência fora da escola \_\_\_\_

JJ) Já utilizei o Excel anteriormente \_\_\_\_

KK) Já tive contato com programação anteriormente \_\_\_\_

Estudante	Respostas - Questão 1				
	1.A)	1.B)	1.C)	1.D)	1.E)
Aluna 1	5	5	3	4	3
Aluna 2	5	5	2	2	1
Aluna 4	3	3	5	5	2
Aluna 5	4	3	5	3	3
Aluna 6	4	4	5	3	3
Aluno 1	2	3	1	4	1
Aluno 2	4	3	5	3	4
Aluno 4	4	5	5	5	5
Aluno 5	3	3	3	2	4
Aluno 6	5	4	3	2	3
Aluno 7	3	3	1	2	1
Aluno 8	3	4	2	1	1
Aluno 10	3	5	1	1	1
Não identificado 1	4	3	5	5	5
Não identificado 2	4	4	5	1	3
Não identificado 3	4	5	5	5	3
Não identificado 4	4	4	3	3	3
Não identificado 5	4	4	2	1	3
Não identificado 6	4	5	3	1	1
Não identificado 7	4	4	5	5	4
Não identificado 8	4	4	5	1	1
Não identificado 9	4	4	5	1	1
Não identificado 10	4	5	5	3	1
Não identificado 11	5	4	5	3	2



Total de vezes em que o número apareceu					
Valores atribuídos	1.A)	1.B)	1.C)	1.D)	1.E)
Valor 5	4	7	13	5	2
Valor 4	14	10	0	2	3
Valor 3	5	7	5	6	8
Valor 2	1	0	3	4	2
Valor 1	0	0	3	7	9

Por exemplo, 14 estudantes colocaram o valor 4 como resposta para a questão 1.A)

- 22) Imagine que um colega te conta a seguinte reflexão: **“As canetas são tão diferentes dos cadernos, e a parede é tão diferente da água. Mas será que se nós dermos um super zoom nessas diferentes coisas, nós conseguiríamos encontrar algum elemento em comum? Será que tem algo que faz parte de todas as coisas? Como será que é a sua estrutura?”**. Ao finalizar a reflexão, ele pergunta a sua opinião. O que você responderia?

Estudante	Resposta Questão 2
Aluna 1	Que talvez poça sim ter algo em comum, como nós, mesmo sendo fisicamente diferentes temos coisas em comum...
Aluna 2	Na dimensão em que a enxergamos eu diria que sim, mas pensando em uma escala 10x menor, podemos encontrar células, os prótons, elétrons, entre diversas outras coisas... No final das contas somos um.
Aluna 4	Na realidade todas as coisas são diferentes das outras nem sempre vai existir mais semelhanças do que discordancias mas sempre ira existir
Aluna 5	Teria curiosidade para descobrir se existe mesmo algo em comum entre essas coisas, e gostaria de estudar sobre.
Aluna 6	Eu responderia que parcialmente sim, porem que não teria a certeza que realmente existe. Tenho curiosidade sobre o assunto; seria necessario uma pesquisa mais aprofundada para saber.
Aluno 1	AMBOS SE COMPLETAM: O CADERNO "NECESSITA" DA CANETA PARA SER PREENCHIDO, JÁ A CANETA "NECESSITA" DAS FOLHAS DO CADERNO PARA "TRABALHAR" a PAREDE NECESSITA DE ÁGUA PARA SER CONSTRUIDA COM PERFEIÇÃO.
Aluno 2	Sim; por exemplo a "materia" que está basicamente em todos os tipos de objetos; ela é feita de energia, atomo etc...
Aluno 4	Há sim algo em comum entre todas essas coisas, para a parede ficar tão dura assim também vai água na sua composição. A caneta e o caderno mesmo tão diferentes tem materiais semelhantes em sua composição, por exemplo o plástico.
Aluno 5	Sim, encontraríamos elementos parecidos, e do que eu tenho conehecimento tudo é feito das mesmas coisas basicamente, com atomos e energia
Aluno 6	Sim, se levar em questão os atomos, no final teriam alguma estrutura igual.
Aluno 7	Talvez tendo em conta que por mais que sejamos parecidos exteriormente ou priariamente. Podemos levar em conta que nem tudo que vemos ou sentimos é realmente tudo.

Aluno 8	Acredito que todas as coisas tangíveis compartilham da mesma estrutura primal, pois, assim como um caderno, uma borracha também é constituída de átomos, o mundo em que nos residimos é composto por átomos
Aluno 10	Somos todos diferentes, mais tem algo que nós faz ser sempre parecidos.
Não identificado 1	Devemos desenvolver cada vez mais tecnologias e estudos para que essas perguntas possam sempre ser respondidas!
Não identificado 2	Se olharmos pelo ponto de vista geral, isso seria mentira mas se nos aprofundarmos iremos ver que há verdade nessa reflexão, como por exemplo o cimento e a água, são duas coisas diferentes mas se analisarmos iremos encontrar muitas coisas em comum.
Não identificado 3	Encontrariam uma estrutura igual, pois todos os elementos são formados por átomos, partículas invisíveis
Não identificado 4	Eu responderia que talvez, pois não teria certeza disso
Não identificado 5	Concordo, pois toda a matéria é formada por átomos, como a matéria, anti-matéria, energias e etc. Porém, em escalas subatômicas, não se é certo se temos alguma ligação entre a constituição das coisas, pela física quântica atual não se ligam com as leis impostas atualmente. Mas em minha opinião, em alguma escala, por menor que seja, há alguma ligação.
Não identificado 6	Acho sim que teriam muitas coisas em comum, porém eles teriam suas pequenas discrepâncias que as diferenciam dos outros
Não identificado 7	Talvez, ao fazer uma análise minuciosa, haja, de fato, elementos em comum presentes nos itens citados e provavelmente em muitos outros.
Não identificado 8	Eu concordaria também ficaria muito confusa, acho que depende muito da matéria aplicada nesses elementos como ele é manipulado.
Não identificado 9	Eu responderia que eles podem até ser diferentes, mas eles têm a mesma função, eles se completam, como por exemplo a caneta e o caderno, um precisa do outro, para funcionar. Claro que nem tudo se encaixa mas cada coisa tem a sua devida importância

Não identificado 10	São totalmentne diferentes, porém, talvez elas possam apresentar particulas ou componentes em comum
Não identificado 11	Acredito que existe sim "algo" que seja encontrado em comum em estruturas e objetos. Um elemento que dê uma consistência e possibilite a existência desses objetos

- 23) Imagine que um amigo encontrou uma notícia que continha a seguinte informação: **“Cientistas descobrem que há milhares de partículas invisíveis à olho nu caindo do céu na cidade de São Paulo.”** Seu amigo fica intrigado, e te faz a seguinte pergunta: **Afinal, se as partículas são invisíveis para os nossos olhos, como os cientistas sabem que realmente tem partícula ali?** O que você responderia?

Estudante	Resposta Questão 3
Aluna 1	Eles usam uma "maquina" um tipo de aparelho específico para ver essas partículas...
Aluna 2	Sabe-se através de observações feitas com a ajuda de instrumentos próprios para o mesmo.
Aluna 4	Não pode ser visto a olhos nus mas através de um aumento por meio de lentes poderá ser visto
Aluna 5	Acredito que todas as coisas possuem alguma partícula, mas nem todas conhecemos, por isso os cientistas as estudam e muitas vezes enxergam o que não percebemos.
Aluna 6	Eu responderia que sim, os cientistas sabem quando realmente tem partículas, basicamente tudo tem partícula, portanto eles ainda sabem muito mais porque estudam sobre isso.
Aluno 1	AS PARTICULAS SÃO INVISIVEIS A OLHOS NU PORÉM, OS CIENTISTAS POSSUEM EQUIPAMENTOS "ESPECIAIS"
Aluno 2	Que eles usam microscopios, que conseguem olha itens muito pequenos, que com a vossa visao não é possível enxergamos.
Aluno 4	Após muitos estudos e aprimoramento de técnicas eles conseguiram provar que há pequenas partículas em todos os lugares.
Aluno 5	olhando por uma lente especial, como a de um microscopio
Aluno 6	Quando se estuda as moleculas do ar, reparamos que ela se movimentam e mesmo sem vêlas sabemos que a movimentação acontece.
Aluno 7	Não sei. Talvez eles olham partículas separadamente, Assim por um experimento generalização.

Aluno 8	Teria diversas formas para se notar a presença de algo invisível a olho nu, afinal, como conseguimos perceber a existência de raios ultravioletas? Com a evolução constante de tecnologia, vem também a possibilidade de descoberta ilimitada.
Aluno 10	Eles sabem pois, há vários instrumentos e ferramentas para estudar e conhecer as partículas.
Não identificado 1	Estudo e equipamentos são a chave
Não identificado 2	Por meio de equipamentos especializados.
Não identificado 3	Responderia que à partir de estudos, chegam a esta conclusão. Muitas experiências, observações.
Não identificado 4	Que qualquer coisa possui alguma partícula, mas que tem muitas coisas que não conseguimos ver, já os cientistas sim, até porque estudam sobre o assunto
Não identificado 5	Muitos físicos obtiveram muitos resultados com pesquisas anteriores, o que possibilitou com que atualmente possamos ter acesso à tecnologia suficiente para observarmos essa, e diversas outras situações, onde muitos testes são feitos para chegar nesse resultado.
Não identificado 6	A manchete é "auto explicativa" por assim dizer, as partículas são invisíveis a olho nu, mas não a aparelhos de ponta. Ou, se nem mesmo algum aparelho conseguir ver, é possível notar que há algo ali através dos fenômenos que isso causa.
Não identificado 7	As partículas podem ser invisíveis aos nossos olhos mas nada as impede de serem vistas por microscópios ou câmera de super zoom
Não identificado 8	Que muitas vezes essas observações são feitas com equipamentos adequados para cada tipo de observação ou experimento.
Não identificado 9	Por causa do microscópio. Ele o ajuda a ver esses pequenos "detalhes" possamos assim dizer.

Não identificado 10	Que são partículas invisíveis para nós, pois tentamos vê-las a olho nu, porém para os cientistas que possuem diversos equipamentos, isso não é um problema, já que muitos equipamentos tem uma enorme capacidade de visualização que consegue ver mínimas coisas, por menores que sejam.
Não identificado 11	Nossos olhos não são a única maneira de identificar partículas, não só única como também a mais eficaz

- 24) Imagine que o governador do estado de São Paulo te fez a seguinte pergunta: **“Temos dinheiro e estou querendo criar um centro de pesquisa em física. Mas não sei bem como gastar esse dinheiro. O que será que eu preciso comprar? Quem são as pessoas que eu preciso pagar?”** O que você responderia?

Estudante	Resposta Questão 4
Aluna 1	Precisa de equipamentos específico para as pesquisas, pessoas que intendam sobre o assunto, pessoas que saibam como fazer para preparar os equipamentos, conduzir as pesquisas...
Aluna 2	Para que ele procurasse órgãos ou até mesmo fizesse uma pesquisa com cientistas para saber o que é melhor, e o que ajudaria a alavancar o ramo. Afinal, nada melhor do que conversar com quem sabe do assunto.
Aluna 4	O priemiro passo são os equipamentos, o local a divulgação do espaço e diversos outras coisas os funcionarios desde as funcionarias de limpeza e ate mesmo os físicos.
Aluna 5	Ótima ideia! Os estudantes de física precisam de um bom espaço para estudar e se aprofundar nos conteúdos. Para ser sincera não sei ao certo o que seria de necessário para comprar, acredito que computadores seria de grande ajuda. Professores capacitados para dar aula com certeza.
Aluna 6	Bom, o que seria necessario eu não sei, mas acho que precisariam de computadores, microscopio, materias de pesquisa e etc. As pessoas teriam que trabalhar seria professores, pesquisadores, físicos e etc.
Aluno 1	PRECISAVA COMPRAR EQUIPAMENTOS PARA FACILITAR NAS PESQUISAS COMO POR EXEMPLO: COMPUTADORES E TALS. IRIAM TRABALHAR LÁ: CIENTISTAS TANTO JUVENIS COMO EXPERIENTES E OUTROS POFICIONAIS QUE ENTENDEM DO ASSUNTO
Aluno 2	Normalmente quanto eles constroem um "centro" de física, eles precisam de um acelerador de particulas, microscopios e varios materiais que auxiliam e façam o que nós humanos não conseguimos fazer; quem trabalha em um "centro" de física, são cientistas, físicos e astrônomos.
Aluno 4	O ideal seria contratar físicos capacitados que fariam uma lista com o equipamento necessário para um laboratório.
Aluno 5	Preciso comprar equipamentos da area para conseguir fazer as pesquisa e obviamente que trabalharia lá sem contar os seguranças, faxineiro e etc, serão físicos e cientistas que saibam o basico do que estão pesquisando
Aluno 6	Tem que convocar pessoas interessadas em fisica e que tenham bastante conhecimento sobre o tema que for estudado. Deve conversar com os convocador e decidir o que for melhor comprar.
Aluno 7	Não sei. Mas creio que deveriamos olhar de uma perspectiva ampla, ter principalemnte além do criterio dos funcionarios. A ideia de como se administra os fundos. Creio que por mais que se tenha funcionarios capacitados fundos são tão essenciais quanto.



Aluno 8	Primeiramente esse centro iria precisar de equipamentos que auxiliam no desenvolvimetro de algo. As pessoas ideais para trabalhar nesse local obviamente seriam fisicos pesquisadores e pessoas que estejam na sua pos graduação ou doutorado em física.
Aluno 10	Precisaria comprar aparelhos de pesquisa como microscopio, telescopio e etc. Pessoas que conhecem sobre o assunto e desenvolva melhor spemerias para os alunos.
Não identificado 1	Invista em publicidade, use termos técnicos que só o público alvo irá entender, entre outras coisas, para atrair o máximo de funcionários e profissionais competentes
Não identificado 2	Iria ser necessario encontrar profissionais nessas areas, pessoas com vontade em aprender sobre fisica, equipamentos de qualidade e um bom lugar de pesquisa
Não identificado 3	Primeiramente, este centro deveria estar em um local de fácil acesso. Nele, deve haver instrumentos suficientes para analisarmos partículas e avançarmos nos estudos. Além disso, as pessoas podem ser universitárias (físicas) ou professoras e cientistas mais experientes, para que possam repassar seus conhecimentos.
Não identificado 4	Não sei muito bem o que precisaria comprar, mas acho que seria muito bom ter principalmente computadores e pessoas para trabalhar lá muito capacitadas como professores, etc...
Não identificado 5	Iria sugerir que comprasse microscopios, telescopios, computadores, material para estudo e etc. E para contratar seriam fisicos, engenheiros, construtoras, tecnicos de informatica e etc.
Não identificado 6	Muito difícil de acontecer, mas vamos lá. Ele precisaria contratar cientistas especializados e competentes para trabalharem lá, necessitaria também de aparelhos apropriados para que eles pudessem fazer seus experimentos e/ou pesquisas, exemplos de equipamento seria um microscopio.
Não identificado 7	O estudo astronomico com auxilio obvio de telescópios ou mesmo microscópios, me parece a maneira mais correta de atrair cientistas e estudantes, e os mesmos poderiam auxiliar no desenvolvimento do trabalho e das, possiveis, pesquisas.
Não identificado 8	Que materiais é muito de necessidade, mas o básico seria equipamento para epsquisas, observação e outros, já para pessoas, acho que o certo seria pessoas formadas em cada área da física e estudantes de faculdades, para estágio e afins.
Não identificado 9	Primeiramente, bolar um plano de construção e comprar os devidos equipamentos. Pesquisar na internet o valor deles e se são realmente uteis. Em segundo lugar ver cada detalhe e não deixar nada faltar, e então procurar funcionarios para trabalhahr neste lugar, só as com melhor desempenho e então fazer está programação. Colocaria tudo em seu devido lugar e sempre manter a calma e a fé.
Não identificado 10	O necessário é comprar equipamentos que são especialmente produzidos para serem utilizados nessa área e outros que ajudem na produção de pesquisa, além de cientistas, professores e estudantes da área de física seriam ótimos funcionarios que se desenvolveriam neste trabalho.

Não identificado 11

Seria necessário a compra de materiais como microscópios e máquinas com diversos objetivos, muita delas o de teste de eventos e teorias.  
As pessoas que trabalhariam neste centro seriam professores, pesquisadores e instrutores.

## Respostas: Questionário para Estudantes - Final

1) Quais foram os dois momentos ao longo dessas 8 aulas que você mais gostou?

Estudante	Resposta Questão 1
Aluna 1	Quando vimos o experimento com a água tônica e quando fizemos a tabela
Aluna 2	O experimento foi interessante e acho que o assunto todo eu gostei bastante, então ficar difícil colocar só um.
Aluna 3	Com certeza seria a parte "interativa", quando fizemos o experimento da "água que brilha no escuro"
Aluna 4	O primeiro foi a experiência, segundo foi aula de hoje
Aluna 5	1 - Experimento 2 - Aula de Histograma
Aluna 6	Os dois momentos que eu mais gostei foi os dias que o professor explicou sobre a radiação que tem o avião e a aula de hoje, eu amei, foi extremamente interessante.
Aluna 7	O que eu mais gostei foi o conteúdo sobre raios cósmicos e os experimentos
Aluno 1	MOMENTO 1: RAIOS CÓSMICOS O QUE É ETC. MOMENTO 2: EXPERIMENTO DA ÁGUA NO ESCURO
Aluno 2	Nos momentos das experiências e dos cartões das primeiras aulas
Aluno 3	O teste que diversas pessoas "enxergavam" um elefante de maneiras diferentes e ver as "nuvens" surgindo naquela expansão com gelo seco
Aluno 4	.-As atividades em dupla - Mexer com os códigos - os experimentos
Aluno 5	Os momentos onde houveram atividades ou experimentos
Aluno 6	1- O experimento da conchinha na tônica e 2- A atividade em dupla
Aluno 7	Aprender sobre histogramas e sobre radiação
Aluno 8	A atividade em dupla sobre a teoria de onde veio os raios cósmicos e o experimento do eletroscópio
Aluno 9	O da experiência e dos cálculos
Aluno 10	Foram a da experiência com a água fluorescente e o dos 7 experimentos para analisar a qual ele pertencia
Aluno 11	Das experiências que fizemos, como o eletroscópio e a água azul

2) Quais foram os dois momentos ao longo dessas 8 aulas que você menos gostou?

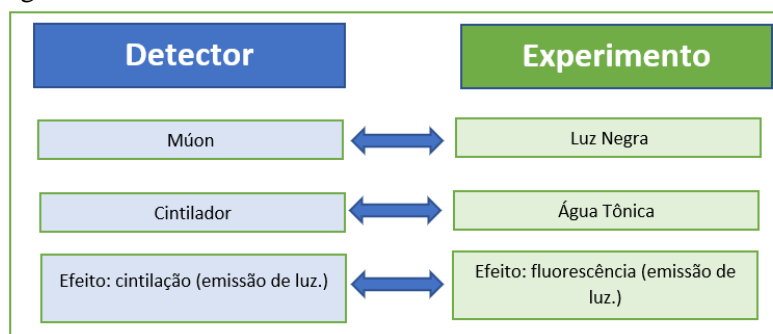
<b>Estudante</b>	<b>Respostas Questão 2</b>
Aluna 1	Não teve nenhum momento em que não gostei de nada.
Aluna 2	Só gostaria que tivesse sido um pouco mais profundo o assunto.
Aluna 3	Não acho que teve um momento do qual não gostei, todas as aulas foram bem dinâmicas e descontraídas
Aluna 4	Não teve, gostei de todas
Aluna 5	1 - A aula da atividade em dupla 2 - aulas muito teóricas
Aluna 6	Não teve nenhum, me interessei por todas as aulas
Aluna 7	O primeiro foi responder os questionários e o segundo foi fazer a redação sobre raios terrestres e extraterrestres
Aluno 1	MEXER NO COMPUTADOR CONSTRUIR UM GRÁFICO
Aluno 2	foram nos momentos que não houveram questões, apenas explicações e também nos momentos que eu me sentia "perdido" de certa forma
Aluno 3	Dos momentos em que tive que apressar na escrita a na realização da atividade por conta da falta de tempo
Aluno 4	.- Os slides, só ouvir da sono
Aluno 5	não houveram
Aluno 6	Teve uma aula que foi muito teórica que não gostei muito
Aluno 7	Aprender sobre a explicação dos Raios cósmicos vem do espaço
Aluno 8	Não consigo pensar em nem um
Aluno 9	Nenhum
Aluno 10	Não teve nenhum momento em que não gostei
Aluno 11	Nenhum

- 3) Imagine que um amigo encontrou uma notícia que continha a seguinte informação: **“Cientistas descobrem que há milhares de partículas invisíveis à olho nu caindo do céu na cidade de São Paulo.”** Seu amigo fica intrigado, e te faz a seguinte pergunta: **Afinal, se as partículas são invisíveis para os nossos olhos, como os cientistas sabem que realmente tem partícula ali?** O que você responderia?

Estudante	Respostas Questão 3
Aluna 1	Eles sabem por que tem aparelhos expersificos para detectalos, uma tecnologia muiot boa, que auxilia na decoberta...
Aluna 2	Primeiramente a dedução de algo é importante, mas o que realmente nos ajuda a identificar algo são os aparelhos.
Aluna 3	Eles descobriram isso através de inúmeros experimentos utilizando equipamentos necessários, também é possível notar que há algo lá, apesar de não vermos, através dos fenômenos que as partículas causam
Aluna 4	Porque os cientistas estudam sobre o assunto, então eles sabem coisas que não sabemos
Aluna 5	Os cientistas enxergam coisas que nos não percebemos, através dos equipamentos que usam para estudo, "microscopio"
Aluna 6	Sim, eles conseguem capitar qualquer coisa até porque estudam com isso e fazem diversas experiencias
Aluna 7	através de equipamentos adequados para a observação
Aluno 1	OS CIENTISTAS POSSUEM EQUIPAMENTOS ESPECIAIS AS PARTÍCULAS SÃO INVISIVEIS APENAS A OLHOS NU COM OS EQUIPAMENTOS É POSSIVEL VER
Aluno 2	Eu responderia da seguinte forma, nem tudo que existe nós conseguimos enxergar, por exemplo a vida foi formada por multiplos fatores e a radiação é uma delas e nós não conseguimos enxergar essa radiação
Aluno 3	Acredito que, apesar das partículas não serem visíveis, elas podem ser sentidas e também testadas com a intenção com outras partículas. Isso possibilita aproximar que realmente há uma partícula ali.
Aluno 4	Não pode ser negacionista, assim como eu confio no médico que me opera, eu tenho que confiar no cientista que estuda
Aluno 5	Com equipamentos específicos que detectão essas particulas, por exemplo um detector de raios cósmicos
Aluno 6	Que viram por um microscopio ou foram observados em reação a algo
Aluno 7	Não sei, mas creio que cientistas antes de publicarem tal tese tem um periodo intenso de veracidade
Aluno 8	Eu diria a ele que os cientistas utilizam equipamentos especializados em encontrar essas partículas
Aluno 9	Bom, eu responderia que: Ouve testes para achar essas particulas ou que houve causas prejudiciais para começarem a procurar essas particulas
Aluno 10	Eles tem os aparelhos necessários para estudar e enxergar essas partículas
Aluno 11	Que é usado um detector de raios cosmicos que conta quando os muons atravessam

- 4) Nas aulas anteriores, vocês entraram em contato com o experimento da “água que brilha no escuro”, em que o professor irradiou luz negra em um pote transparente com água

tônica. A proposta era estabelecer uma analogia entre esse experimento e o detector, conforme figura abaixo:




Com base nisso, tente explicar qual era a analogia, explicitando o funcionamento dessa componente do detector.

Estudante	Respostas Questão 4
Aluna 1	O cintilador era a água tônica, o múon era a luz negra, e o efeito da emissão de luz era a fluorescência da luz negra na água tônica
Aluna 2	Os materiais utilizados eram como simuladores para o detector, onde a luz negra imitava o múon, a água tônica o cintilador e o efeito de fluorescência como o efeito cintilação
Aluna 3	A luz negra, no experimento, era a fonte de energia ou seja o "múon", a água tônica servia de detector, ela era o nosso cintilador e o efeito é o mesmo em ambos: a emissão de luz.
Aluna 4	Os dois são duas etapas que misturando gera um produto que emite luz
Aluna 5	A luz negra em contato com a água tônica emite um tipo de luz esverdeada fluorescente, e quando misturado com a candida perde esse "brilho"
Aluna 6	Os dois são duas etapas que misturando gera um produto que emite luz
Aluna 7	
Aluno 1	QUANDO COLOCA A LUZ NA AGUA ELA FICA ROXA POR CONTA DA EMISSÃO. A AGUA TONICA É UM DOS PRINCIPAIS FATORES PARA ISSO ACONTECER POIS SEM ELA A AGUA NÃO BRILHA
Aluno 2	A cintilação em contato com o muon erradia Luz que não é visível aos olhos nem alguma ajuda, e com a luz negra essa luz invisível pode ser vista
Aluno 3	(não compareceu na aula)
Aluno 4	A analogia esta nas etapas, misturando as substâncias geram um produto com o mesmo propósito que é a emissão de luz.
Aluno 5	Onde a luz negra passa na agua tonica a um efeito de luz assim como seria o muon passando pelo cintilador
Aluno 6	Ao passar a luz negra na tônica ela emite um tipo de luz verde com efeito de fluorescência e quando mistura com a candida para de iluminar
Aluno 7	A luz negra no lugar isolado terá muons, com água tônica coloca o cintilador, a fluorescência traz a cintilação da luz
Aluno 8	A ideia era que assim como o múon age no cintilador a luz negra deve agir na água tônica, ocorrendo uma emissão de luz.
Aluno 9	A luz negra agiria como a radiação do múon, o cintilador seria como a água tônica e o ato de fluorescência seria a cintilação

Aluno 10	A experiência serviu para mostrar como que a luz negra reagia. E também que a água sanitária reagia com uma substância e a transformava em fluorescente.
Aluno 11	A analogia é que a água "detecta" a luz negra e emite uma luz evidenciando a "detecção"

- 5) Na atividade dos cartões, sobre o início da pesquisa em raios cósmicos, havia o seguinte cartão:

**5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel**



Theodor Wulf realizou um experimento bem criativo. Ele **supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra** e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Para isso ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.

Com as equações e o coeficiente de absorção da época, **era previsto** que em 80 metros de altura, o descarregamento deveria cair pela metade, e no topo da torre ele deveria ser nulo. Nessa suposição, o descarregamento iria diminuir pois a quantidade de raios ionizantes iria diminuir, uma vez que eles seriam absorvidos pelo ar durante a trajetória.

Wulf então **realizou os experimentos** utilizando uma variação do Eletroscópio, conhecida como Eletrômetro, tanto no solo quanto a 300m, e notou que no topo o descarregamento diminuiu menos da metade. Surge um problema entre a previsão teórica e os experimentos.

Duas hipóteses surgem: (a) as equações/coeficiente de absorção estão errados; (b) existem fontes de radiação na atmosfera. A hipótese (a) era improvável pois haviam diversos outros experimentos em que as equações funcionavam bem. No entanto, Wulf não apreciava a opção (b), admitindo que a explicação mais provável para seu resultado intrigante ainda era a emissão do solo.

Na sua opinião, como esse cartão contribuía para pensarmos que a radiação é terrestre? E para pensarmos que ela é extraterrestre?

Estudante	Respostas Questão 5
Aluna 1	Na opinião do pesquisador ele falava que era terrestre, na previsão teórica ele mostra/fala que vem da Terra, já nos experimentos mostra ao contrário, que vem "de cima", extraterrestre
Aluna 2	Para pensarmos que é terrestre temos o descarregamento reduzido pela metade tanto no solo quanto a 300m do solo. No caso de ser extraterrestre, vários estudos tinham teorias que na prática funcionou e não apresentou problemas, como o do estudo da Torre Eiffel.
Aluna 3	O experimento queria provar que a radiação era terrestre, mas acabou por mostrar/provar que era possível que a radiação fosse extraterrestre.
Aluna 4	Tendo um estudo por trás e um pesquisador dá a sensação de ser um argumento de peso
Aluna 5	Terrestre pois explica que quanto mais longe do solo esta menor é a radiação e quanto mais perto maior é
Aluna 6	A radiação terrestre se modificaria tendo um estudo por trás e um pesquisador dá a sensação de ser um argumento de peso
Aluna 7	As duas mas a que ele defende é a hipótese de ser terrestre
Aluno 1	TERRESTRE: ATRAVÉS DO EXPERIMENTO DE WULF ELE MESMO SUPÔS QUE A RADIAÇÃO ERA DA TERRA.  EXTRATERRESTRE: NO TOPO O DESCARREGAMENTO DIMINUIA MENOS DA METADE.
Aluno 2	Esta pesquisa mostrou que quanto mais alto menos radiação tinha na terra, então assim se imaginava que a radiação era terrestre. Mas houve outra



	pesquisa que foi mais alto e mostrou que quão mais alto mais a radiação aumentava sendo assim extraterrestre
Aluno 3	Aqui temos que Wulf nos fazia pensar que as duas hipóteses seriam possíveis, só que a segunda era mais aceita por conta do intrigante resultado da emissão do solo.
Aluno 4	O fato dela ser feita por um cientista que teve todo um estudo por trás passa a sensação de ter embasamento e ser um argumento de peso
Aluno 5	a diminuição de menos da metade da radiação quando chegou a 300m
Aluno 6	mais para terrestre pois explica que quanto mais longe do solo esta menor é a radiação e quanto mais perto maior é
Aluno 7	Ele supôs que a radiação ionizante estava vindo da terra a mais penetrante ate então. Utilizando uma variação do eletroscópio como conhecido Eletrômetro, tanto no solo quanto a 300m.
Aluno 8	no ponto de vista da Terra a explicação seria de que diminui de qualquer forma. Já no extraterrestre seria justamente o fato de não ter cumprido a proposta idealizada
Aluno 9	Houve uma diminuição ao se distanciar da terra, teorizando, que era terrestre, mas logo após, houve um aumento conforme subia mais e mais.
Aluno 10	Ele serviu para mostrar que era tanto terrestre quanto extraterrestre no qual ele colocou algo no topo e na base
Aluno 11	A diminuição que ocorreu ao chegar em 300m

6) Na sua opinião, quais os casos em que é útil fazer um gráfico Histograma?

<b>Estudante</b>	<b>Questão 6</b>
Aluna 1	Seria útil fazer na do Theodor, no caso do pesquisador que usou um balão...
Aluna 2	Toda vez que se tem valores para observar.
Aluna 3	É mais útil se montar um histograma quando os valores são absurdos e/ou é necessário haver uma comparação entre eles.
Aluna 4	Quando precisamos de uma representação gráfica
Aluna 5	Quando precisamos de uma representação gráfica, quando há muitos itens
Aluna 6	quando tem muitos dados é necessario fazer um gráfico para ser mais facil de entender e identificar
Aluna 7	
Aluno 1	EM SITUAÇÕES EM QUE O GRÁFICO POSSUI INFORMAÇÕES DISTINTAS UMA DA OUTRA, ASSIM, O TRABALHO PARA CONSTRUIR FICA MAIS FACIL E TAMBÉM O GRÁFICO NÃO FICA MUITO EXTENSO
Aluno 2	Em casos cuja tenha muitas "respostas" sendo assim você acaba tendo que ter uma média e o gráfico Histograma ajuda muito.
Aluno 3	
Aluno 4	Em casos onde se precisa observar as frequências
Aluno 5	Onde há muitas variações numericas ou quando há muitos valores e é preciso organizalos
Aluno 6	quando precisamos de uma representação gráfica, quando há muitos itens
Aluno 7	Usados em dados extensor e organização de dados complexos
Aluno 8	O mais comum é para formar um índice demografico de uma região.
Aluno 9	Quando o valor é muito grande para ser contado sozinho.
Aluno 10	Em pesquisas ou artigos de studes para fins políticos
Aluno 11	Quando precisamos gerenciar dados muito grandes

## Respostas: Questionários para o Professor

### **Respostas: Questionário para o Professor – Aula 1**

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

#### **AULA 1: Questões gerais**

1) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

A) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para a aula

1. 5

B) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. 5

C) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado. 4

2) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

Ponto positivo: Um texto como início da discussão e as diversas formas de abordagem do tema.

#### **AULA 1: Questões específicas**

3) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

D) Tive facilidade de utilizar a notícia eletrônica para levantar questões com os estudantes 5

E) Acredito que o encadeamento conceitual do material estava claro e adequado 5

F) Tive facilidade para discutir com os estudantes sobre as instituições de pesquisa científica relacionadas à física de partículas 5

4) Espaço livre para comentário final

Muito boa a sequência didática elaborada

## Respostas: Questionário para o Professor – Aula 2 e 3

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

### AULA 2 e 3: Questões gerais

1) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

A) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para esta aula 5

B) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. 5

C) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado. 5

2) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

Sequência de encadeamento dos conteúdos bem elaborada.

### AULA 2 e 3: Questões específicas

3) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

D) Tive facilidade para explicar o funcionamento do eletroscópio para os estudantes 5

E) Me senti seguro para explicar/abordar às informações contidas nos cartões 5

F) Acredito que a atividade poderia ser mais desafiadora 4

G) Acredito que em geral os estudantes entenderam bem e realizaram adequadamente a atividade proposta 5

4) Espaço livre para comentário final

Com relação ao item F: poderia, se houvesse tempo, ser feito a construção de um eletroscópio.

## Respostas: Questionário para o Professor – Aula 4 e 5

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

### AULA 4 e 5: Questões gerais

- 1) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.
  - A) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para esta aula 5
  - B) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. 5
  - C) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado. 4
- 2) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

A experiência associando o fenômeno ocorrido (fluorescência) com o detector de muon foi muito eficiente, a analogia foi muito feliz e de fácil compreensão.

### AULA 4 e 5: Questões específicas

- 3) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5 ou escrevendo NA para o caso em que Não se Aplica.
  - D) Acredito que o momento da câmara de nuvens foi proveitoso para os estudantes 4
  - E) A explicação para o funcionamento do cintilador poderia ser mais desafiadora 2
  - F) O experimento “A água que brilha no escuro” funcionou bem para explicar fluorescência 5
  - G) Acredito que caberia mais informações sobre a explicação do foto-sensor e do circuito eletrônico 2

- 4) Espaço livre para comentário final

No que se refere à câmara de nuvem se fosse possível realizar o experimento seria muito proveitoso. Mas em termos de tempo\* não foi possível realiza-la

\* para conseguir providenciar os materiais necessários

## Respostas: Questionário para o Professor – Aula 6 e 7

Aplicação Piloto – Um itinerário formativo sobre Raios Cósmicos (2021)

### AULA 6 e 7: Questões gerais

1) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5.

A) Lendo o material, tive facilidade de entender o que estava sendo indicado para esta aula 5

B) Durante a aula, me senti seguro(a) sobre o que precisava ser feito. 5

C) Durante a aula, sinto que os estudantes acompanharam bem o conteúdo ensinado. 4

2) Cite um (ou mais) **ponto(s) positivo(s)** e um (ou mais) **ponto(s) negativo(s)** sobre a aula/material proposto

Positivo: as analogias propostas no experimento com água tônica e o detector;

A plataforma Jupyterlab

### AULA 6 e 7: Questões específicas

3) Sendo **1 discordo muito e 5 concordo muito**, avalie as afirmações abaixo atribuindo números de 1 a 5 ou escrevendo NA para o caso em que Não se Aplica.

D) Acredito que a atividade de realizar histograma à mão seja útil e adequada 5

E) Eu tive dificuldade para entender o que precisava ser feito no JupyterLab 1

F) Acredito que os estudantes tiveram dificuldade para entender o que precisava ser feito no JupyterLab 1

G) Existe uma grande necessidade de ampliar as possibilidades de atividades utilizando os dados do detector 5

4) Espaço livre para comentário final

Muito bom!

## Respostas e Correção: Atividade dos Cartões

**Aluno 3 – 3º ano**

**Aluno 11 – 3º ano**

**(Tª A)**

### **Raios cósmicos são provenientes da Terra**

3. Sólidos encontrados na Terra emitiam radiação.
5. Aqui temos uma incerteza. **Levando em consideração o tempo que o Sol distribui energia para a Terra, é possível que tenha havido uma absorção dessa energia.** Porém, como Wulf supôs, a hipótese mais plausível seria a emissão do solo.
2. Ao cortar a emissão de radiação por materiais Terrestres houve uma diminuição significativa no tempo de descarregamento do eletroscópio.

### **Raios cósmicos são extraterrestres**

1. Wilson sugeriu que o agente ionizante pode ser de origem extraterrestre
4. Os raios cósmicos são extraterrestres pois a possibilidade deles se dissiparem no período de 12 horas é baixa.
6. Existe uma diferenciação entre os raios cósmicos e a radiação proveniente do solo
7. Neste experimento, conclui-se que a radiação emitida é proveniente do espaço, sem influência do Sol, já que o horário era indiferente

### **Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

O modelo "Voando com balões" seria o mais apropriado por ter utilizado maiores registros de altura. Tendo assim coletado informações importantes. Conclui-se que após uma certa distância, a energia diminui até distâncias de 1.000 a 2.000 metros, onde é observado um aumento crescente em até 100% a mais que o solo. Ainda assim, a possibilidade dessa emissão ser concedida pelo Sol é descartada por não haver alterações entre os turnos.

### **Observações de correção:**

**Baixa compreensão nos cartões 5**

**Média compreensão nos cartões 2, 4, 6 e 7**

### Alta compreensão nos cartões 1 e 3

Compreenderam que a dissertação era para apontar o experimento crucial. Nesse quesito, apontaram corretamente.

Consideraram **3/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e **4/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre**. Provavelmente consideraram que eles não poderiam estar presentes nos dois modelos.

Tabela A.1 – Pontuação a partir de critérios – Aluno 3 e Aluno 11

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4	0,1	0,1
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4	0,4	
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.	0,5	0,05	0,05
Posicionamento do Wulf		0,4	0,4	0	
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4	0,4	
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,3	0,3
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5	0,1	0,1
	Cartão 7	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf		0,5	0	0	
Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.		0,8	0,3	0,3	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1	0,7	0,7
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5		0
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5	0,3	0,3
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>4,65</b>	<b>3,779069767</b>



**Aluna 1 – 3ª ano**

**Aluno 10 – 3º ano**

**(Tª A)**

**Raios cósmicos são provenientes da Terra**

- 6- Domenico Pacini se aventurado pelo mar
- 2 - será que a radiação está vindo do envoltorio
- 3 - materiais emitem radiação
- 5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel

**Raios cósmicos são extraterrestres**

- 1 - Electrocópio descarregam
- 7 - Voando com balões
- 5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

Achamos que as radiações são emitidas de fora da Terra, no pela atmosferas e fora dela. E quando chega na Terra ela é anulada, que nem é falada pelo modelo 5, no qual quanto mais perto do solo da Terra o raio ionizante são descarregado ou anulado, então concluímos com isso que a terra anula boa parte do raio ionizante...

**Observações de correção:**

**Baixa compreensão nos cartões 5 e 6  
Inconclusivo sobre os cartões 1, 2, 3, 4 e 7**

Não apontaram a contribuição de cada cartão para os modelos.

Consideraram **3/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e **3/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre**.

Tabela A.2 – Pontuação a partir de critérios – Aluna 1 e Aluno 10

		Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes	
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4		0
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4		
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.	0,5		0
					0
		Posicionamento do Wulf	0,4		0
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4		
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5		0
	Cartão 7	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0
		Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.	0,8		0
A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite		0,4		0	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1		0
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5		0
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5		0
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>1,1</b>	<b>1,05</b>

**Aluna 8 – 3ª ano**

**Aluna 9 – 3ª ano**

**(Tª A)**

**Raios cósmicos são provenientes da Terra**

De acordo com os textos, os experimentos realizados para comprovar que os raios cósmicos são provenientes da terra apenas ajudam, de forma gradativa aprovar que eles na realidade vem da emissão direta de ondas magneticas vindas da atmosfera.

**Raios cósmicos são extraterrestres**

Com base no visto e estudado até o momento, os calculos e pesquisas apontam que os raios cósmicos vem de fora da Terra, penetrando a atmosfera.  
Como citado no texto 6, "[Parece] a partir dos resultados do trabalho descrito nesta nota que existe uma causa consideravel de ionização na atmosfera, proveniente da radiação PENETRANTE independente da ação direta de substancias radioativas no solo".

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

Apesar de demonstrar bons argumentos, as teorias e experiências sobre os raios cósmicos vindos do solo não provam ou convencem de que de fato é o ocorrido, não tendo provas suficientes para o demonstrar com exatidão. Então, vê-se que a teoria mais aceita é a de que os raios cósmicos penetram a atmosfera.

**Observações de correção:**

**Média compreensão nos cartões 6  
Inconclusivel sobre os cartões 1,2,3,4,5 e 7**

Comentários vagos e imprecisos, sem embasamento nos cartões.

Consideraram 0/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre e 1/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre. Parecem ter tido dificuldade para compreender a atividade.

Tabela A.3 – Pontuação a partir de critérios – Aluna 8 e Aluna 9

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4		0
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1		
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4		
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.	0,5		0
					0
		Posicionamento do Wulf	0,4		
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1		
		Posicionamento do Wilson	0,4		
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.		0,5	0,25	0,25	
Considerar o cartão		0,1		0	
Cartão 7	Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0	
	Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.	0,8		0	
	A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite	0,4		0	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1		0
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5		0
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5		0
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>0,85</b>	<b>0,99</b>

**Aluna 10 – 1º ano**

**Aluno 1 – 1º ano**

**(Tª A)**

**Raios cósmicos são provenientes da Terra**

- 2 - será que a radiação está vindo do envoltório  
Em um envoltório que emite radiação e que mesmo através de estudos e equipamentos colocados em volta deles sua radiação foi apenas reduzida
- 5 - Através de um experimento foi levantada hipóteses de que a radiação estava vindo da Terra
- 6 - com base em vários experimentos forma realizados novas medições diferentes em que uma vinha de cima e que os raios eram absorvidos pelo mar

**Raios cósmicos são extraterrestres**

- 1 - Eletroscopios descarregam  
Com base nas pesquisas de Wilson os agentes ionizantes poderiam ter sua origem extraterrestre
- 3 - materiais emitem radiação  
Henri becquerel atraves de suas pesquisas descobriu que sais de urano podem emitir uma radiação invisível que podem descarregar outros componentes elétricos carregados
- 4 - Será que a radiação vem do Sol?  
O Sol já era conhecido por emitir radiações e com base nisso hipóteses surgiram de que o Sol poderia emitir raios ionizantes

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

Com base nas análises, podemos dizer que a radiação vem da Terra, pois muitos experimentos mostraram que a radiação poderia estar no solo ou até mesmo sendo absorvida pela água ou pelo mar.

**Observações:**

**Baixa compreensão nos cartões 6 e 3**  
Média compreensão nos cartões 1, 4 e 5

Alta compreensão nos cartões 2  
Inconclusível sobre os cartões 7

Consideraram 2/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre e 2/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre. Tiveram grande dificuldade no cartão 6, do experimento do Pacini

Tabela A.4 – Pontuação a partir de critérios – Aluna 10 e Aluno 1

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4	0,4	0,4
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1		
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4		
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.		0,5	0,1	0,1	
Posicionamento do Wulf		0,4			
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4	0,3	
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,2	0,2
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5		0
	Cartão 7	Considerar o cartão	0,1		0
		Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0
Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.		0,8		0	
	A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite	0,4		0	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1		0
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5		0
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5	0,1	0,1
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5		0
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>1,5</b>	<b>1,28</b>

Aluno 5 – 3º ano

Aluno 2 – 3º ano

(Tª A)

**Raios cósmicos são provenientes da Terra**

- 3 - Com base na frase "parece ser plausível acreditar que esses sólidos que encontramos na Terra emitam radiações" eu acredito que seja terraquio
- 2 - segundo a frase "a radiação foi significativamente reduzida" dando a entender que é algo "controlável" com isso sendo terraquio
- 5 - acredito que seja terraquio pois estava fazendo uma experiência em que, quanto mais longe do solo, mais diminuía a radiação, porém eu acho que se estivessem continuando subindo, iria ter um aumento na radiação pois no experimento número 7 é a mesma radiação testada.

**Raios cósmicos são extraterrestres**

- 1 - Com base nas "velocidades muito variáveis e com o descarregamento indeterminado do eletroscópio" eu acredito que seja extraterrestre.
- 4 - Eu acredito que seja extraterrestre, pois não importava a hora, ou se o sol estava exposto ou não os raios ionizantes continuaram aparecendo e não diminuíram
- 6 - Eu acredito que esta "radiação" seja extraterrestre pois enquanto estava na água a radiação diminuía então se acredita que a radiação vem de fora da Terra.
- 7 - Eu acredito que por conta de quão mais alto, mais a radiação aumentava, e assim se supõe que a radiação vem de fora da Terra

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

O modelo "voando com balões" foi o melhor, pois ele explicou outras "dissertações" e mesmo assim continua subindo a radiação. Quanto mais próximo a "superfície" da terra" mais a radiação subia, e assim pode se comprovar que a radiação vem de fora da terra.

**Observações de Correção:**  
**Baixa compreensão nos cartões 1 e 2**  
**Média compreensão nos cartões 6**  
**Alta compreensão nos cartões 3, 4, 5 e 7**

Compreenderam que a dissertação era para apontar o experimento crucial. Nesse quesito, apontaram corretamente. Acreditavam que não poderia repetir os cartões.

Consideraram **3/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e **4/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre**. Tiveram ótima compreensão dos cartões.

Tabela A.5 – Pontuação a partir de critérios – Aluno 5 e Aluno 2

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4	0,2	0,2
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4	0,4	
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1	
	Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante. Posicionamento do Wulf	0,5	0,5	0,5	
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4	0	
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,4	0,4
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5	0,3	0,3
Cartão 7	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1	
	Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5	0,5	0,5	
	Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta. A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite	0,8	0,8	0,8	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5	0	0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1	1	1
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5	0	0
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5	0	0
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>5,7</b>	<b>5,93</b>



Aluna 5 – 2º ano

Aluno 4 – 3º ano

(Tª B)

**Raios cósmicos são provenientes da Terra**

- 2- A Terra está "sugando" a radiação do envoltório.  
 3 - Porque são materiais da Terra, encontrados e emitem radiação  
 5 - Theodor acredita que a radiação ionizante está saindo da Terra e utilizou a Torre Eiffel que possui mais de 300 m de altura

**Raios cósmicos são extraterrestres**

A teoria 6 de Domenico Pacini, pressupõe que a radiação vem de cima, uma vez que dentro do oceano a emissão era menor; A teoria 7 voando com balões fala que quando maior a temperatura maior é a radiação, isso pois ela vem de cima; A teoria 4 era uma hipótese que o Sol emitia raios ionizantes emitindo radiação extraterrestre; A teoria 1 Charles T. R. Wilson fala que a radiação é de origem extraterrestre pelo eletroscópio se descarregar em velocidades muito variáveis.

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

O melhor modelo é o 7 de Viktor Franz Hess, ele concluiu que o aumento da ionização com a altura é devido a uma radiação vinda de cima, desconsiderando o Sol.

**Observações:**

**Baixa compreensão nos cartões 2**

**Média compreensão nos cartões 3, 4, 5, 6 e 7**

**Alta compreensão nos cartões 1**

Compreenderam que a dissertação era para apontar o experimento crucial. Nesse quesito, apontaram corretamente. Acreditavam que não poderia repetir os cartões.

Consideraram **3/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e 4/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre. Tiveram uma compreensão razoável dos cartões



Tabela A.6 – Pontuação a partir de critérios – Aluna 5 e Aluno 4

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4		0
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4	0,3	
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.	0,5		0
Posicionamento do Wulf		0,4	0,4	0	
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4	0,4	
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,1	0,1
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5	0,4	0,4
	Cartão 7	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0
Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.		0,8	0,5	0,5	
A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite		0,4	0,4	0,4	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1	0,5	0,5
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5		0
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5	0,3	0,3
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>4,5</b>	<b>3,72</b>

**Aluno 8 – 3º ano**

**Aluno 9 – 3º ano**

**(Tª B)**

**Raios cósmicos são provenientes da Terra**

3 - Os sais de Urânio além de serem encontrados na Terra, eles emitem radiação.

5 - Por mais que a experiência tenha falhado, ainda há provas que com a distância o nível causado pela radiação diminuiu

**Raios cósmicos são extraterrestres**

1 - Ele notou que o eletroscópio descarregava indefinidamente e segundo velocidades muito variáveis fazendo-o pensar que a origem pode ser extraterrestre

2 - Cientistas cobriram o envoltório com metais que bloqueavam radiação. Porém, mesmo protegendo, ainda existia radiação ali, fazendo-as pensar que a radiação não vinha da Terra

4 - Com base em experimentos que visavam descobrir se a radiação vinha do Sol, perceberam que mesmo de noite o efeito não se anula. Porém, isso não anula o fato de que essa radiação possa vir de fora da Terra

6- de acordo com os experimentos de Pacini, o descarregamento diminuiu quando embaixo da água, o que corrobora para a ideia de que venha do Espaço

7 -

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

Para nós o melhor modelo é o extraterrestre e as provas de que a radiação vem de fora é: A altura aumentou o nível, o eletroscópio descarrega de forma indefinida e com velocidades muito variáveis também, os metais da terra não são capazes de anular esse efeito, mas, há provas que essa radiação não venha do Sol pois não houve diferença na alteração do dia e da noite. Essas provas fazem-nos pensar que possa ser de alguma outra fonte vindo do espaço.

**Observações:**  
**Baixa compreensão nos cartões**  
**Média compreensão nos cartões 3, 6**  
**Alta compreensão nos cartões 1, 2, 4, 5**  
**Inconclusível nos cartões 7**

Compreenderam que a dissertação era para apontar o experimento crucial. Nesse quesito, apontaram corretamente. Acreditavam que não poderia repetir os cartões.  
 Consideraram **3/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e **4/6** cartões possíveis no modelo extraterrestre. Tiveram uma compreensão razoável dos cartões

Tabela A.7 – Pontuação a partir de critérios – Aluno 8 e Aluno 9

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4		0
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4		
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.		0,5	0,4	0,4	
	Posicionamento do Wulf	0,4			
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4	0,4	
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4	0,4	0,4
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,4	0,4
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5	0,4	0,4
	Cartão 7	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0
Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.		0,8		0	
A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite		0,4		0	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1	0,5	0,5
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5		0
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5	0,5	0,5
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>4,2</b>	<b>4,19</b>

Aluno 6 – 2º ano

Aluna 11 – 2º ano

(Tª B)

**Raios cósmicos são provenientes da Terra**

2 - Visto que o material que emite a radiação foi reduzido ao serem colocados escudos de metais, entendendo-se que estes raios cósmicos são provenientes da Terra.

3 - Partindo do ponto em que Marie e Pierre chegaram à conclusão de encontrarem materiais na Terra que emitem radiações, sendo o urânio um dos elementos presentes desde a formação do planeta, é conclusivo de que é proveniente da Terra.

5 - Em suma, o texto aborda um experimento que quanto mais distante do solo, menor é o descarregamento de raios ionizantes.

**Raios cósmicos são extraterrestres**

1 - De acordo com a sugestão de Wilson, chegamos a conclusão de serem Raios Cósmicos extraterrestres, pois ele diz que o agente ionizante pode ser origem extraterrestre.

4 - visto que a radiação vem do Sol, durante a noite, deveria ter menos ou nenhum resquício de radiação. Acredito que por isso seja extraterrestre.

6 - Considerando que ao ser submerso perdia-se a porcentagem de radiação.

7 - Concluímos que conforme mais distante do solo está, maior é a radiação, sendo de origem extraterrestre.

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

A mais interessante, acabou sendo o experimento de Theodor Wulf na Torre Eiffel, que levou um detector de radiação ao alto da Torre e notou que a radiação era mais intensa no solo.



**Observações:**  
**Baixa compreensão nos cartões**  
**Média compreensão nos cartões 2, 3, 5 e 6**  
**Alta compreensão nos cartões 1, 4, 7**  
**Inconclusível nos cartões**

Compreenderam que a dissertação era para apontar o experimento mais interessante. Nesse quesito, foram pouco descritivos. Acreditavam que não poderia repetir os cartões. Consideraram **3/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e **4/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre**. Tiveram uma compreensão razoável dos cartões

Tabela A.8 – Pontuação a partir de critérios – Aluno 6 e Aluna 11

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4	0,3	0,3
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4	0,3	
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.	0,5		
Posicionamento do Wulf		0,4		0,4	
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4	0,4	
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,4	0,4
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5	0,4	0,4
	Cartão 7	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0
Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.		0,8	0,8	0,8	
A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite		0,4	0,4	0,4	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1	0,3	0,3
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5		0
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5		0
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>4,9</b>	<b>4,65</b>

**Aluna 6 – 2º ano**

**Aluna 4 – 2º ano**

**(Tª B)**

### **Raios cósmicos são provenientes da Terra**

O anexo 2 - Será que a radiação está vindo do envoltório?

-> para evitar que a radiação fosse emitida pelo envoltório do equipamento, colocaram escudos de metais livres de impurezas radioativas, em volta do contêiner do eletroscópio.

\* A radiação foi significativamente reduzida mas ainda existia.

O Anexo 3 - Materiais emitem radiação

-> Marie C. e Pierre C. descobriram outros materiais também emitiam radiação.

\* "Sólidos que encontramos na Terra emitem radiações.

O anexo 4 - Será que a radiação vem do Sol?

-> O Sol emite radiação (Luz) \* emite raios ionizantes -> PROVENIENTES DA TERRA.

O anexo 5 - Teodor Wulf

-> Ele supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.

### **Raios cósmicos são extraterrestres**

O anexo 1 - Eletroscópios carregam, está se referindo aos Raios Cósmicos são extraterrestres

-> No anexo fala que Charles notou que eletroscopio descarregava indefinidamente e velocidades muito variáveis. "pode ser de origem extraterrestre."

O anexo 6 - Domenico Pacini se aventurando pelo Mar

-> "Supondo que a radiação vem de cima, este era justamente o valor da previsão das equações das equações de absorção dos raios ionizantes pela água do mar.

O anexo 7 - Voando com balões

Viktor Franz fez um ótimo uso de forma de experimentação, o objetivo dele era analisar como um eletrômetro descarregava conforme o balão fosse subindo, concluiu que o aumento da ionização com a altura deve ser devido a uma radiação vinda de cima, e ele pensou que essa radiação era de origem extraterrestre.

**Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**



Eu e minha dupla entramos em um conceito de que o melhor modelo, foi o anexo 5

5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel

- Ele supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.

**Observações:**

**Média compreensão nos cartões 4, 5**

**Alta compreensão nos cartões 1, 2, 3, 6 e 7**

Compreenderam que a dissertação era para apontar o experimento mais interessante. Nesse quesito, foram pouco descritivos. Acreditavam que não poderia repetir os cartões.

Consideraram **4/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e **3/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre**. Tiveram uma compreensão razoável dos cartões

Tabela A.9 – Pontuação a partir de critérios – Aluna 6 e Aluna 4

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4	0,3	0,3
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4	0,3	
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,2	0,2
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.	0,5		0,1
		Posicionamento do Wulf	0,4	0,4	
			0,1	0,1	
Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wilson	0,4	0,4	
	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1		0
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1		0
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5		0
					0
					0
	Cartão 6	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5	0,5	0,5
	Cartão 7	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1
		Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0
Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.		0,8	0,8	0,8	
A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite		0,4		0	
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1	0,3	0,3
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5		0
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5	0,5	0,5
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5		0
	<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>4,5</b>	<b>3,72</b>

Aluna 7 – 2º ano

Aluno 7 – 2º ano

(Tª B)

#### **Raios cósmicos são provenientes da Terra**

texto 2 - terrestre = a tese de Rutherford e Cook é de que a radiação esta vindo do envoltorio numa pesquisa o resultado foi de que a radiação foi significativamente reduzida mas ainda existia.

Texto 3 - Terrestre = os pesquisadores Marie Curie e Pierre Currie descobriram que materiais emitiam radiação e parece plausivel a teoria de que sólidos encontrados na terra emitiam radiações.

texto 5 - terrestre = Duas hipóteses surgiram no experimento de Theodor Wulf, que existiam fontes de emissão na atmosfera e de que a emissão era proveniente do solo.

#### **Raios cósmicos são extraterrestres**

texto 1 -> Extraterrestre = a tese final de Charles t. R. Wilson deixa claro sua opinião sobre os raios ionizantes serem de origem extraterrestre.

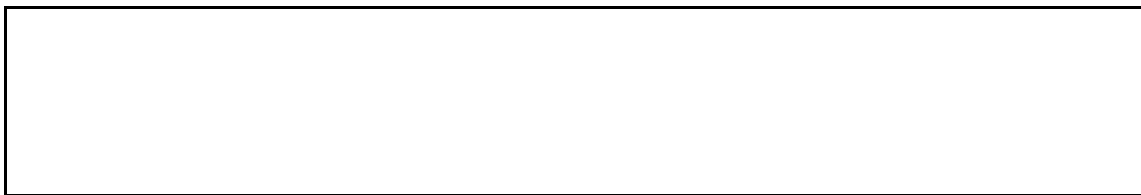
Texto 4 -> Extraterrestre -> a tese defendida no texto 4, de que o Sol não é considerado como transmissor de radiação ionizante é mínima e insignificante, pois a diferença entre experimentos de dia e de noite é pouca.

Texto 6 - Extraterrestre = a tese defendida por Domenico Pacini, é de que a radiação vem de cima, resultado de pesquisas deram que a absorção dos raios ionizantes pela água mar, que a partir dos resultados, é uma crença de que existe uma causa consideravel de radiação ionica na atmosfera.

texto 7 - Extraterrestre = A conclusão de Viktor F. Hess é de que o aumento na ionização (deve ser\*) com a altura deve ser devido a uma radiação vinda de cima

#### **Dissertação final - Qual modelo é o melhor modelo?**

A opinião da dupla, diz que o melhor modelo é o extraterrestre, pois a forma de fazer um experimento é diferente da forma terrestre. O extraterrestre apesar de trazer resultados demorados, os resultados são mais precisos do que em pesquisas terrestres.



**Observações:**

**Baixa compreensão nos cartões 5**

**Média compreensão nos cartões 6, 7**

**Alta compreensão nos cartões 1, 2, 3, 4**

**Inconclusível nos cartões**

Compreenderam bem a ideia da dissertação. Entretanto, faltou embasamento nela.

Acreditavam que não poderia repetir os cartões.

Consideraram **3/4 dos cartões possíveis no modelo terrestre** e **4/6 cartões possíveis no modelo extraterrestre**. Tiveram uma compreensão razoável dos cartões

			Valor máximo	Valor obtido	Valor obtido sem contingentes	
Raios cósmicos são provenientes da Terra (2,5 pontos)	Cartão 2	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1	
		Não é do envoltório, possibilidade de ser terrestre	0,4	0,3	0,3	
	Cartão 3	Considerar o cartão	0,1	0,1		
		Há sólidos terrestres que emitem radiação	0,4	0,4		
	Cartão 4	Considerar o cartão	0,1		0	
		A radiação não pode vir do Sol	0,4		0	
	Cartão 5	Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1	
		Os raios ionizantes podem ter sido absorvidos pelo ar, no trajeto da terra até o eletrômetro. A incompatibilidade entre a teoria e a experimentação pode ser devido os raios não serem raios gama, e sim algo mais penetrante.	0,5	0,1	0,1	
		Posicionamento do Wulf	0,4			
	Raios cósmicos são extraterrestres (4,5 pontos)	Cartão 1	Considerar o cartão	0,1	0,1	
Posicionamento do Wilson			0,4	0,4		
Cartão 2		Considerar o cartão	0,1		0	
		Não é do envoltório, possibilidade de ser extraterrestre	0,4		0	
Cartão 4		Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1	
		A radiação não pode vir do Sol	0,4	0,4	0,4	
Cartão 5		Considerar o cartão	0,1		0	
		Supondo que os raios são terrestres a radiação deveria ser nula. Portanto, há uma incompatibilidade entre teoria e experimento, sendo desconhecida uma radiação mais penetrante que a gama.	0,5			0
						0
Cartão 6		Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1	
		Supondo que a radiação seja extraterrestre, há uma convergência entre teoria-experimento.	0,5	0,35	0,35	
Cartão 7		Considerar o cartão	0,1	0,1	0,1	
		Viktor Hess encontrou o resultado de Wulf	0,5		0	
	Ao ir em altitudes maiores, o descarregamento aumenta.	0,8	0,8	0,8		
	A radiação não pode vir do Sol, pois não há diferenças entre o dia e a noite	0,4		0		
Comparação entre os modelos (3 pontos)	Análise das considerações realistas dos cientistas		0,5		0	
	Comparação do experimento de Viktor Hess com o de Wulf, destacando os dados experimentais		1	0,2	0,2	
	Concluir que os raios cósmicos são extraterrestres		0,5	0,5	0,5	
	Destacar a convergência entre teoria-experimento nas experiências de Pacini		0,5		0	
	Apontar os fatos comuns (radiação não é proveniente do envoltório nem do Sol)		0,5		0	
<b>Total</b>			<b>10</b>	<b>4,15</b>	<b>3,66</b>	

## Atividade dos Cartões – Gráficos

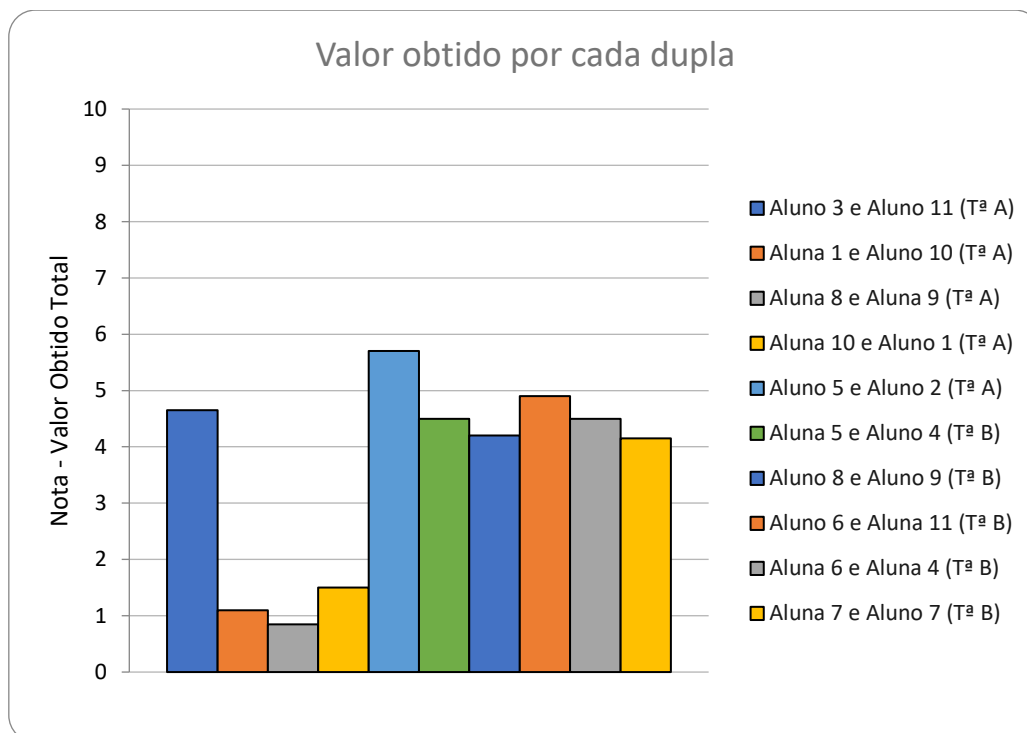


Gráfico A.1 – Valor obtido por cada dupla na atividade dos cartões. Média: 3,61.

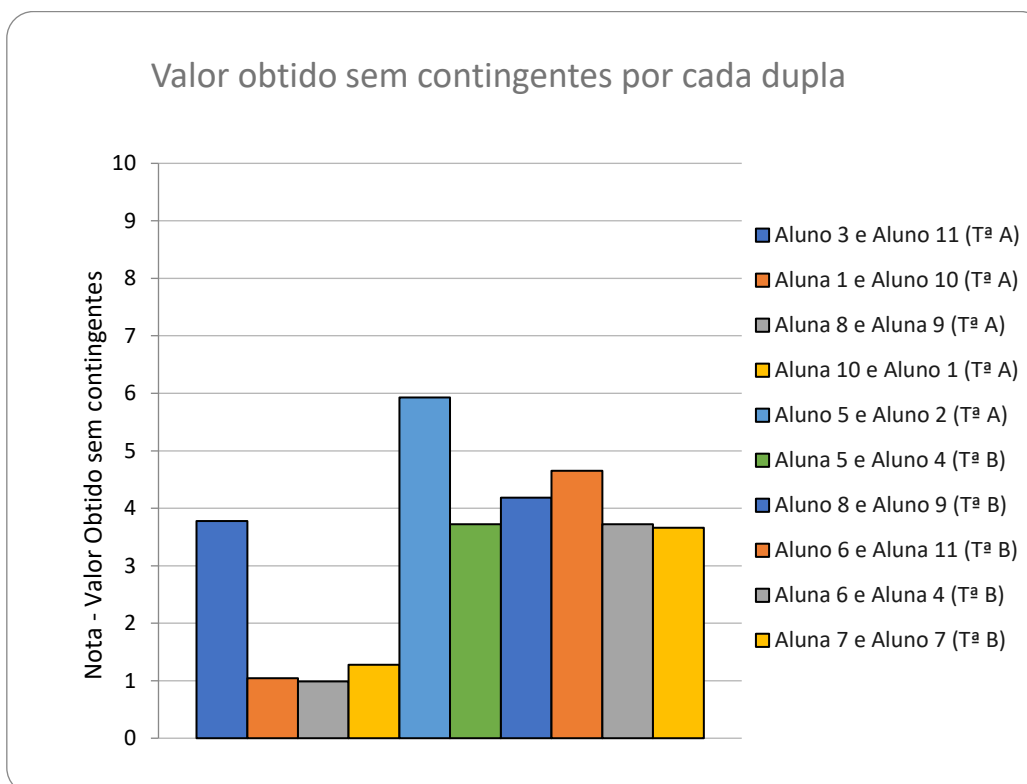


Gráfico A.2 – Valor obtido sem contingentes por cada dupla na atividade dos cartões. Média:

3,3.

Tabela A.11 – Número de vezes que cada cartão foi classificado como baixa, média, alta compreensão ou inconclusivo.

Compreensão dos cartões a partir das observações de correção							
Baixa compreensão		Média compreensão		Alta compreensão		Inconclusivo	
Cartão	Nº	Cartão	Nº	Cartão	Nº	Cartão	Nº
1	1	1	1	1	6	1	2
2	2	2	2	2	4	2	2
3	1	3	3	3	4	3	2
4	0	4	4	4	4	4	2
5	3	5	4	5	2	5	1
6	2	6	7	6	1	6	0
7	0	7	3	7	3	7	4

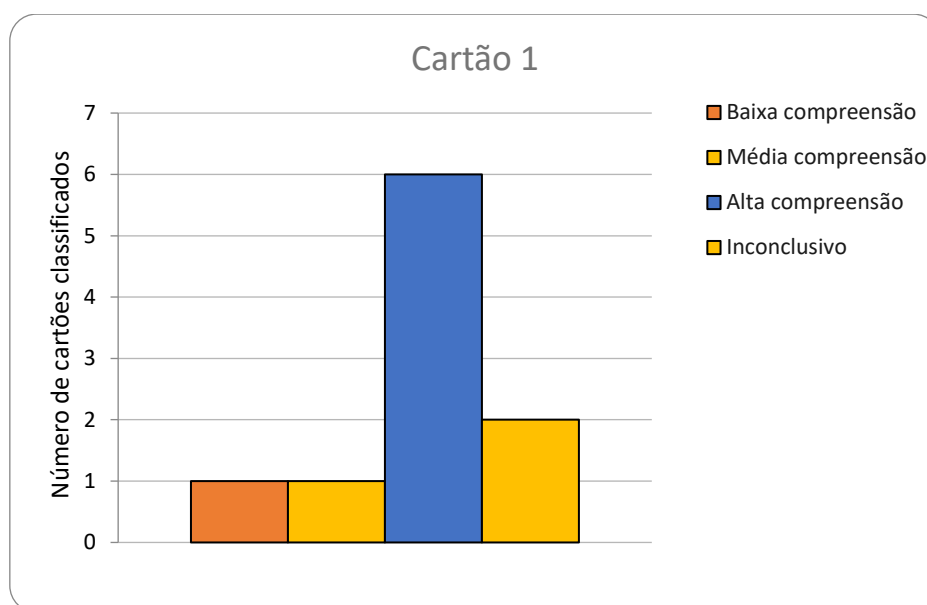


Gráfico A.3 – Número de respostas classificadas como Baixa, Média, Alta compreensão ou inconclusivo para o Cartão 1.

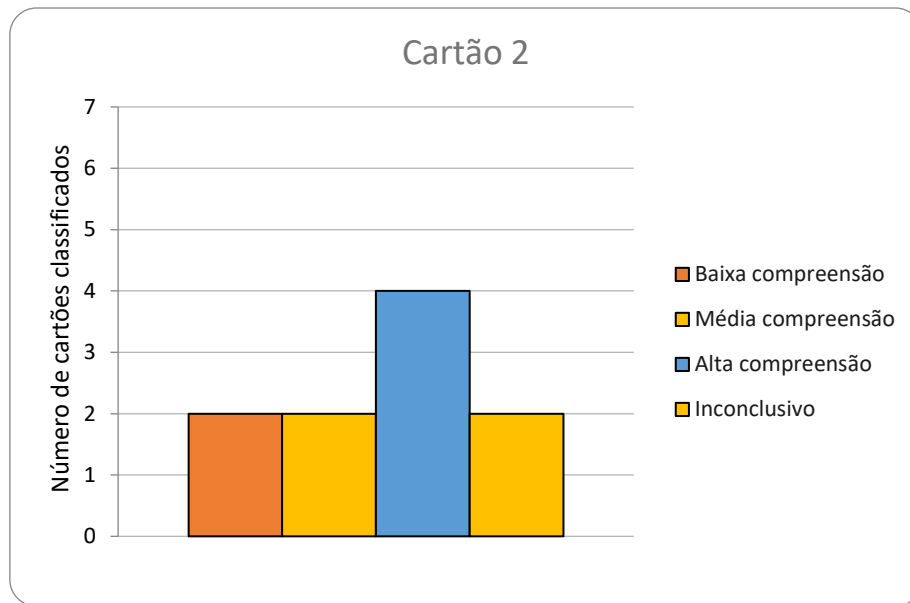


Gráfico A.4 – Número de respostas classificadas como Baixa, Média, Alta compreensão ou inconclusivo para o Cartão 2.

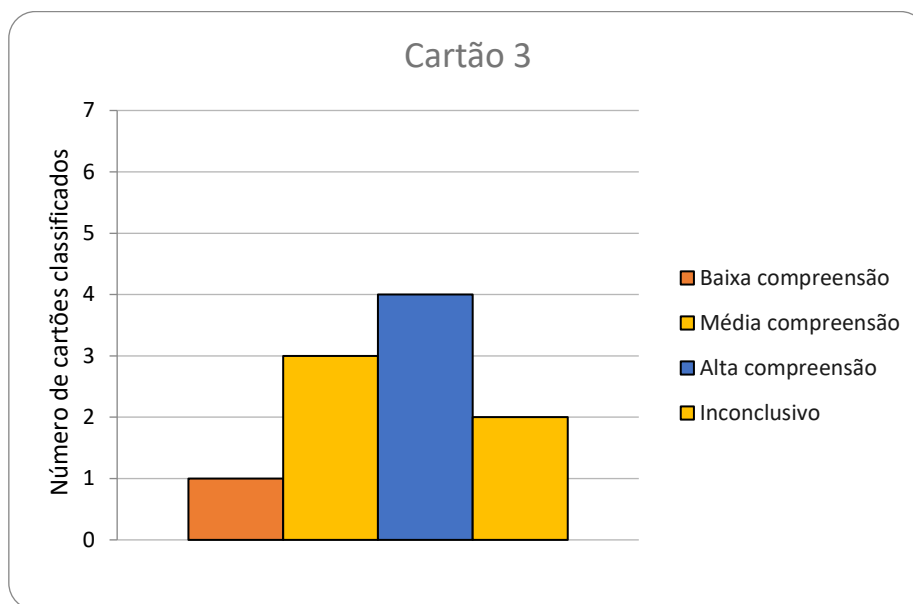


Gráfico A.5 – Número de respostas classificadas como Baixa, Média, Alta compreensão ou inconclusivo para o Cartão 3.



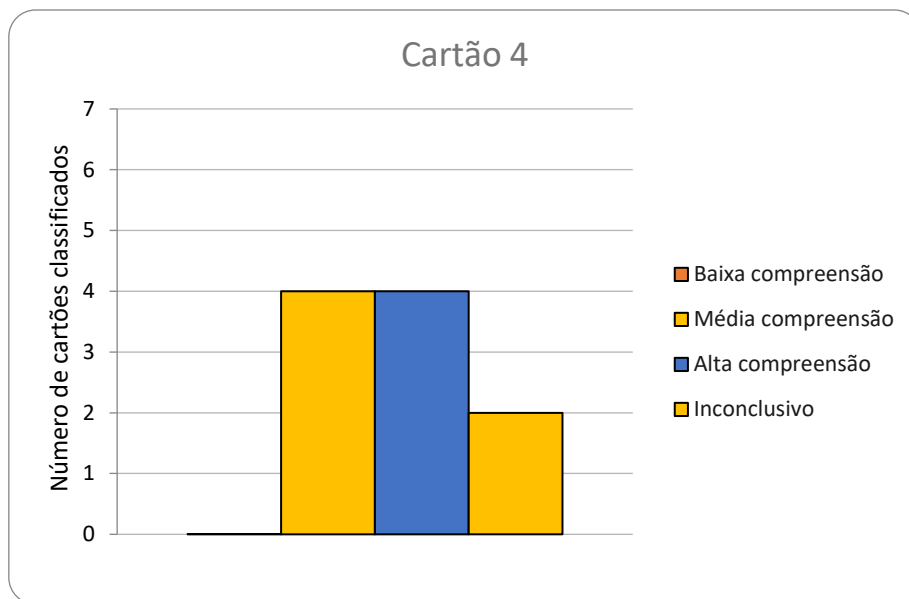


Gráfico A.6 – Número de respostas classificadas como Baixa, Média, Alta compreensão ou inconclusivo para o Cartão 4.

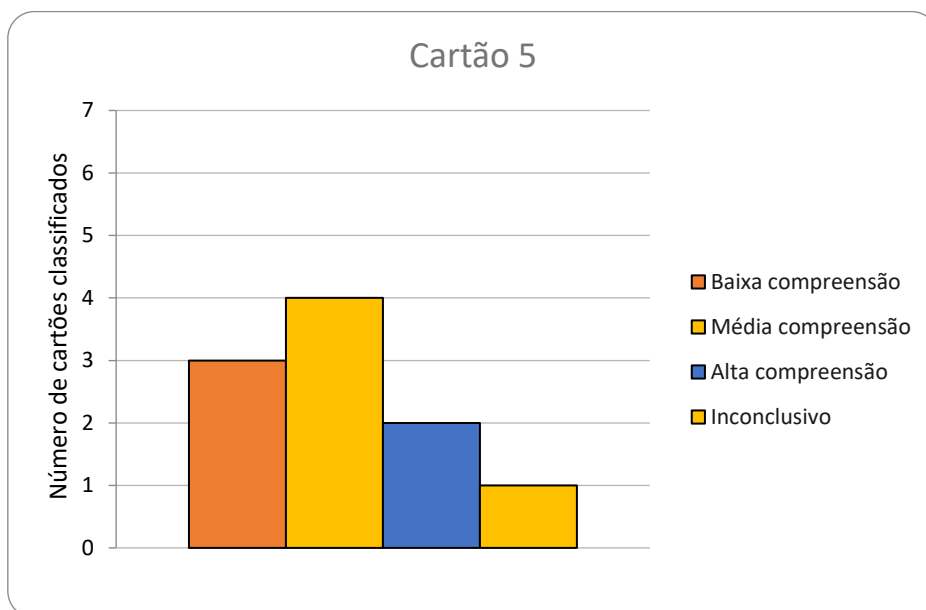


Gráfico A.7 – Número de respostas classificadas como Baixa, Média, Alta compreensão ou inconclusivo para o Cartão 5.

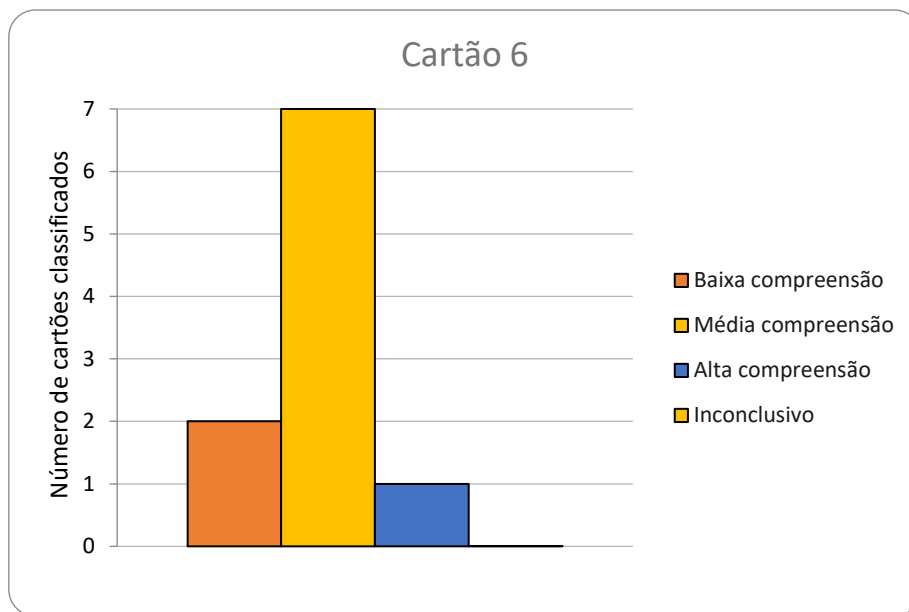


Gráfico A.8 – Número de respostas classificadas como Baixa, Média, Alta compreensão ou inconclusivo para o Cartão 6.

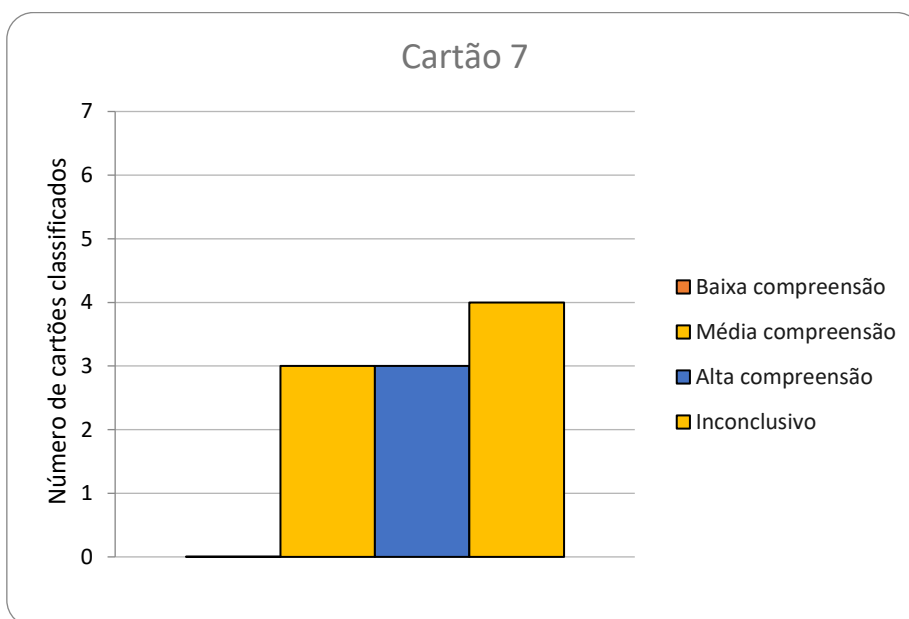


Gráfico A.9 – Número de respostas classificadas como Baixa, Média, Alta compreensão ou inconclusivo para o Cartão 7.

Respostas: Histogramas

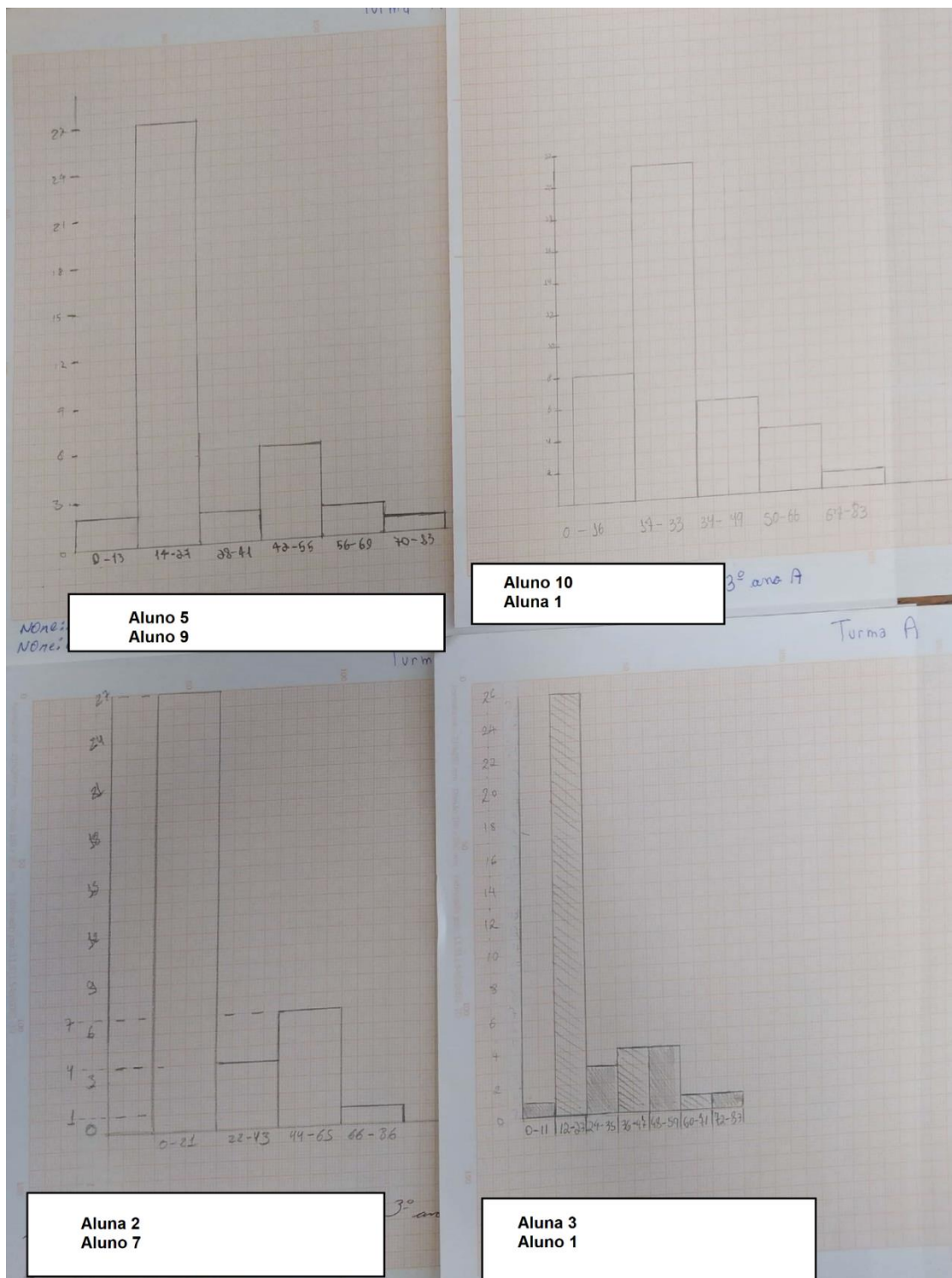


Figura A.X – Histogramas realizados por estudantes da turma A

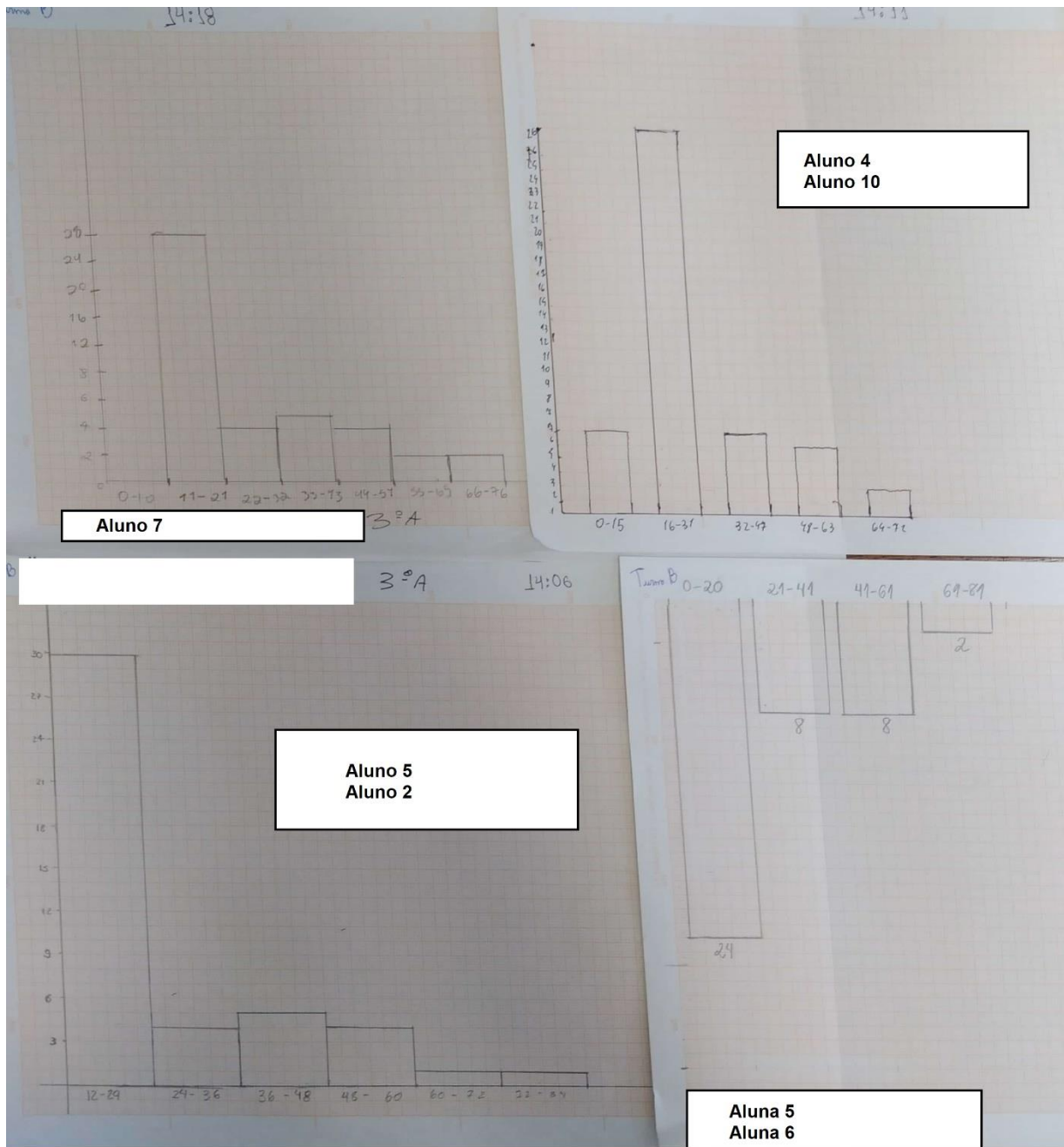


Figura A.X – Histogramas realizados por estudantes da turma B

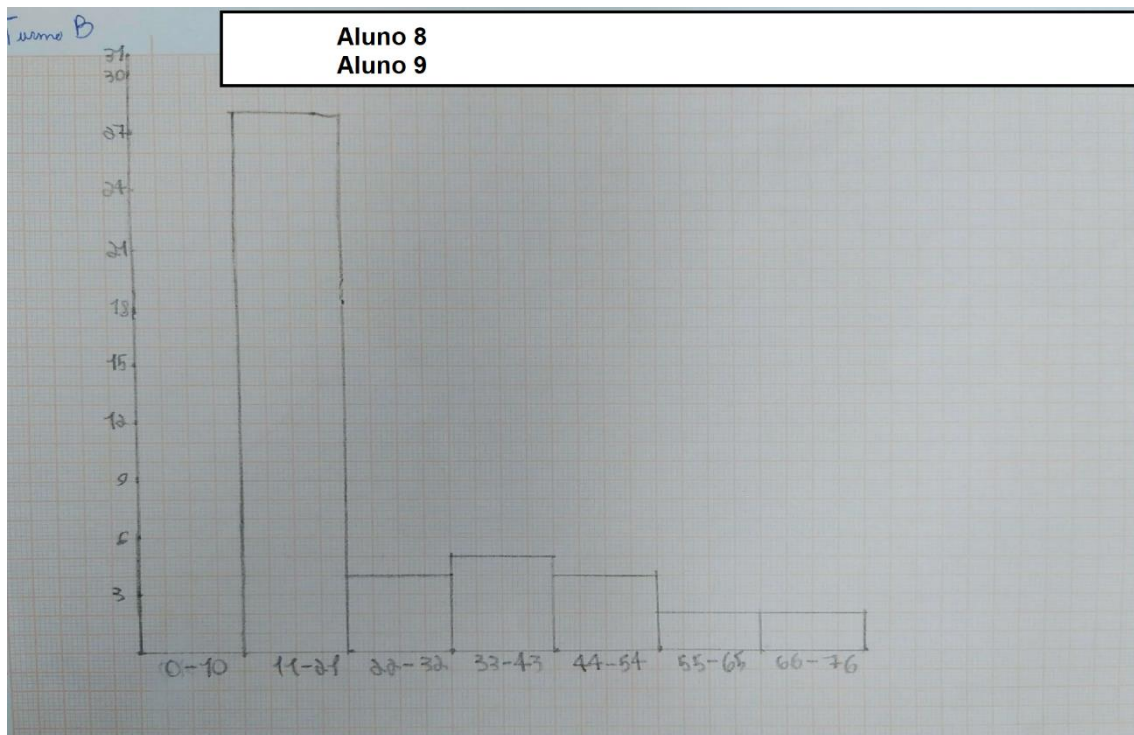


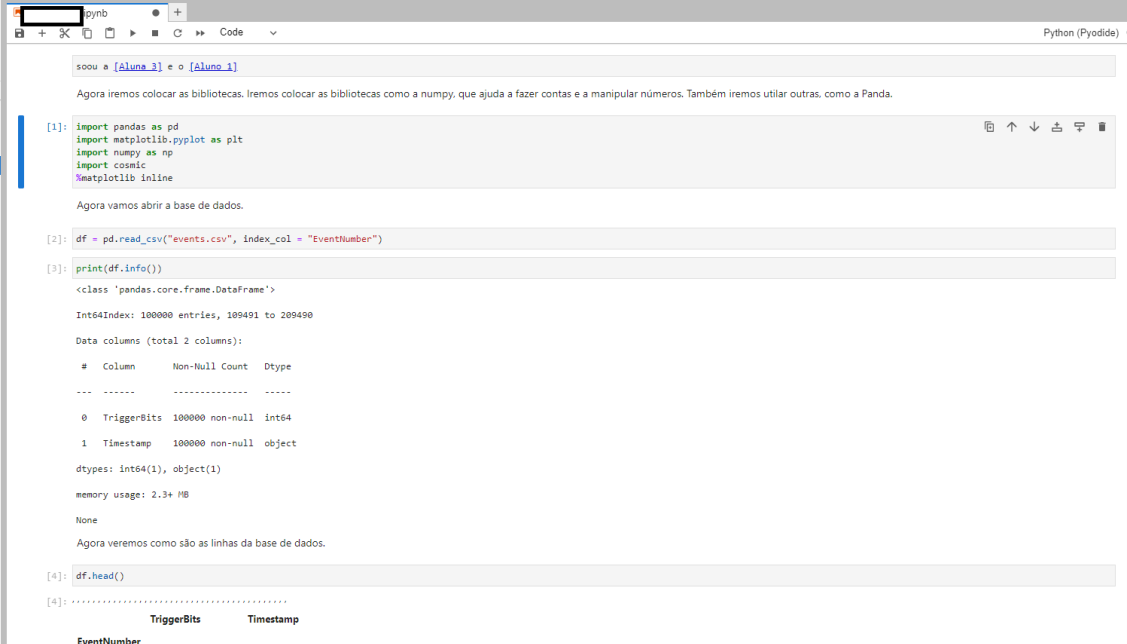
Figura A.X – Histograma realizado por estudantes da turma B

## Respostas: Atividade no Jupyter

Nessa atividade, os estudantes utilizaram a plataforma Jupyter. Com isso, o arquivo disponibilizado pela plataforma para download é do tipo IPYNB, lido pela própria plataforma. Para a exposição das respostas produzidas pelos estudantes, optamos por transformar esse tipo de arquivo no tipo doc, o que produz algumas mudanças visuais. A seguir, mostramos alguns prints que ilustram como os estudantes enxergavam pra, em seguida, apresentarmos os arquivos doc produzidos pelos estudantes. O nome dos estudantes foi alterado de acordo com a renomeação deste trabalho.

Lembramos que, ao final dessa atividade, os estudantes deveriam responder as seguintes questões:

- Há algum horário que exista uma variação significativa de detecções?
- Há alguma diferença no número de detecções entre esses dois dias?
- Quantas detecções aconteceram no horário X do dia Y?
- Vocês acreditam que nessa hora que passamos aqui na sala de aula, esse número todo de múons atravessaram cada um de vocês?



```
soou a [Aluno_3] e o [Aluno_1]

Agora iremos colocar as bibliotecas. Iremos colocar as bibliotecas como a numpy, que ajuda a fazer contas e a manipular números. Também iremos utilizar outras, como a Panda.

[1]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline

Agora vamos abrir a base de dados.

[2]: df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")

[3]: print(df.info())

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 100491 to 200490
Data columns (total 2 columns):
 #   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ---
 0   TriggerBits 100000 non-null int64
 1   Timestamp   100000 non-null object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
Agora veremos como são as linhas da base de dados.

[4]: df.head()

[4]: .....
          TriggerBits      Timestamp
EventNumber
```

```

None
Python (Pyodide)

Agora veremos como são as linhas da base de dados.

[4]: df.head()
[4]: .....:
      TriggerBits  Timestamp
EventNumber
109491  1000111  1989-09-29 13:55:03
109492  1000111  1989-09-29 13:55:03
109493  11101000 1989-09-29 13:55:04
109494  1000111  1989-09-29 13:55:04
109495  1000111  1989-09-29 13:55:05
.

Agora iremos converter o Timestamp para Datetime.

[5]: df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df['Timestamp'])

Agora vamos ver o que acontece por hora do dia 29.

[6]: cosmic.MediaPorHora(df,dia=29)
Média diária:4977.636363636364

hora
13  496
14  5430
15  5444
16  5086
17  5450
18  5412
19  5633

```

```

Python (Pyodide)

21  5415
22  5463
23  5509

Agora iremos ver o que acontece por hora do dia 30.

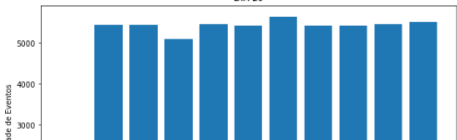
[7]: cosmic.MediaPorHora(df,dia=30)
Média diária:5027.333333333333

hora
0  5445
1  5455
2  5394
3  5470
4  5309
5  5486
6  5508
7  5489
8  1690

Dados do histograma por hora.

[8]: cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=29)

```



hora	Média de Eventos
0	5445
1	5455
2	5394
3	5470
4	5309
5	5486
6	5508
7	5489
8	1690
9	5415
10	5463
11	5509



Figura A.Y – Prints do arquivo IPYNB produzido na plataforma Jupyter.



## Jupyter: Aluna 3 e Aluno 1

## Turma A

soou a [Aluna 3] e o [Aluno 1]

Agora iremos colocar as bibliotecas. Iremos colocar as bibliotecas como a numpy, que ajuda a fazer contas e a manipular números. Também iremos utilizar outras, como a Panda.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

Agora vamos abrir a base de dados.

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")

print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   TriggerBits    100000 non-null    int64
1   Timestamp      100000 non-null    object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Agora veremos como são as linhas da base de dados.

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Agora iremos converter o Timestamp para Datetime.

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Agora vamos ver o que acontece por hora do dia 29.

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=29)
```

```
Média diária:4977.636363636364
  hora
13   496
14  5430
```

```

15 5444
16 5086
17 5450
18 5412
19 5633
20 5416
21 5415
22 5463
23 5509

```

Agora iremos ver o que acontece por hora do dia 30.

```
cosmic.MidiaPorHora(df, dia=30)
```

Média diária:5027.333333333333

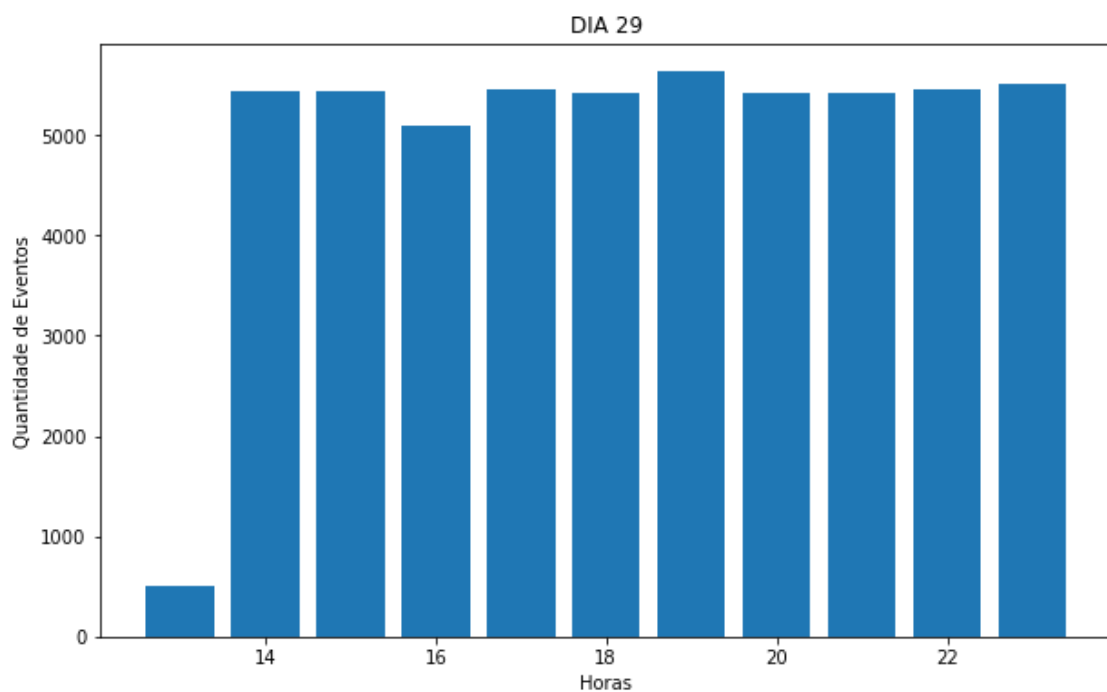
```

hora
0 5445
1 5455
2 5394
3 5470
4 5309
5 5486
6 5508
7 5489
8 1690

```

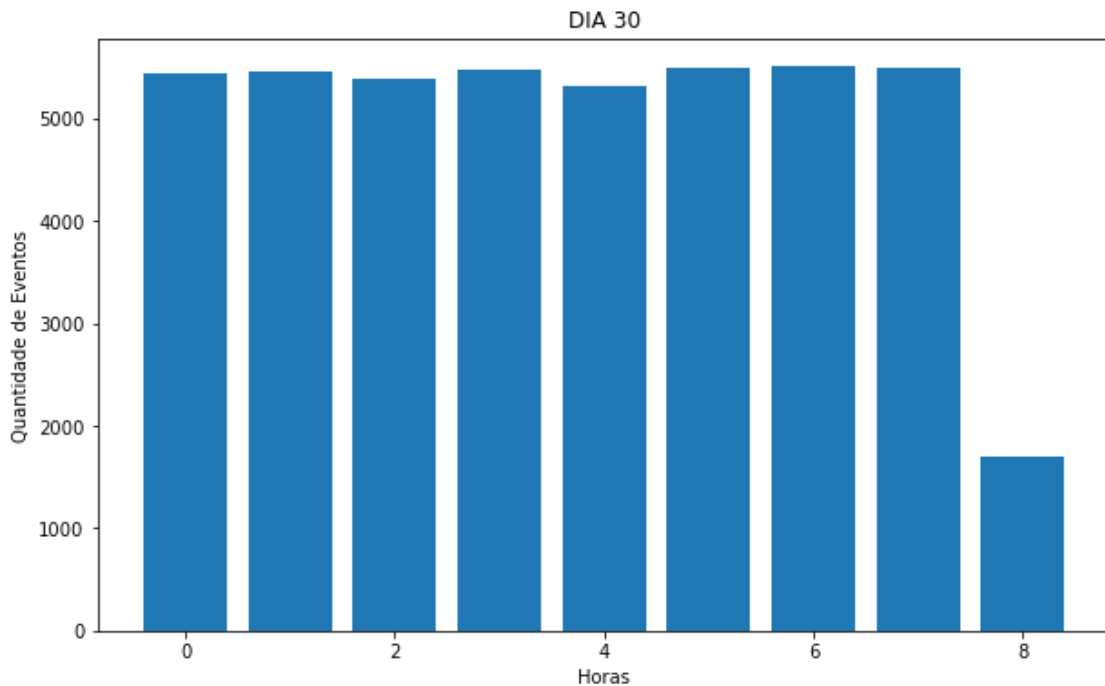
Dados do histograma por hora.

```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=29)
```

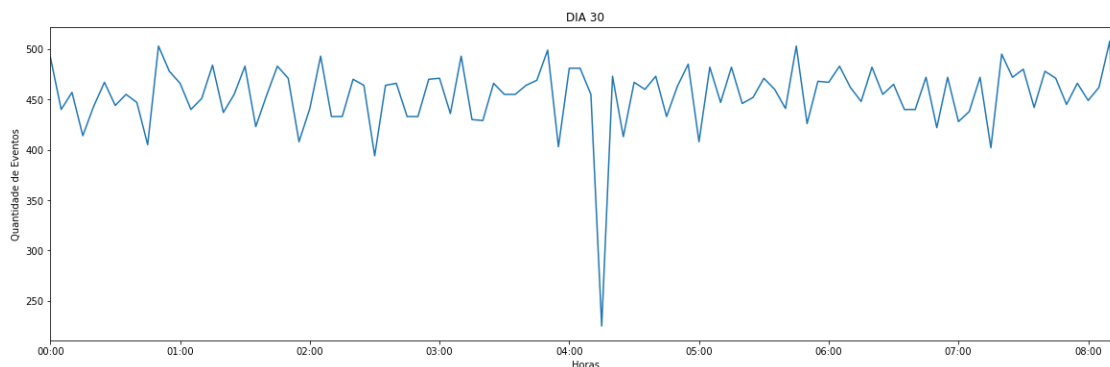


Dados do histograma por hora dia 30.

```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=30)
```



Dados agrupados do dia 30 de 5 em 5 minutos.  
`cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)`



"Há algum horário que exista uma variação significativa de detecções?" R: Sim. Há momentos em que as detecções são muito baixas e outros que são muito altas.

"Há alguma diferença no número de detecções entre esses dois dias?" R: Sim. O gráfico do dia 29 ocorre a partir da tarde e possui mais detecções do que o gráfico do dia 30, que ocorre de manhã.

"Quantas detecções aconteceram no horário X do dia Y?" R: No dia 29 às 14h houveram mais de 5000 eventos, porém, por volta das 16h o número de eventos diminuiu um pouco.

"Vocês acreditam que nessa hora que passamos aqui na sala de aula, esse número todo de múons atravessaram cada um de vocês?" R: Eu acredito que sim, apesar de não estar os vendo.

## Jupyter: Aluna 1 e Aluno 10

## Turma A

[Aluna 1]/[Aluno 10]

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

agora vou abrir a base de dados

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   TriggerBits    100000 non-null  int64
1   Timestamp      100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

linhas de base de dados

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

conversao para datetime

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Análise e histogramas dos eventos

```
cosmic.MidiaPorHora(df, dia=29)
```

```
cosmic.MidiaPorHora(df, dia=30)
```

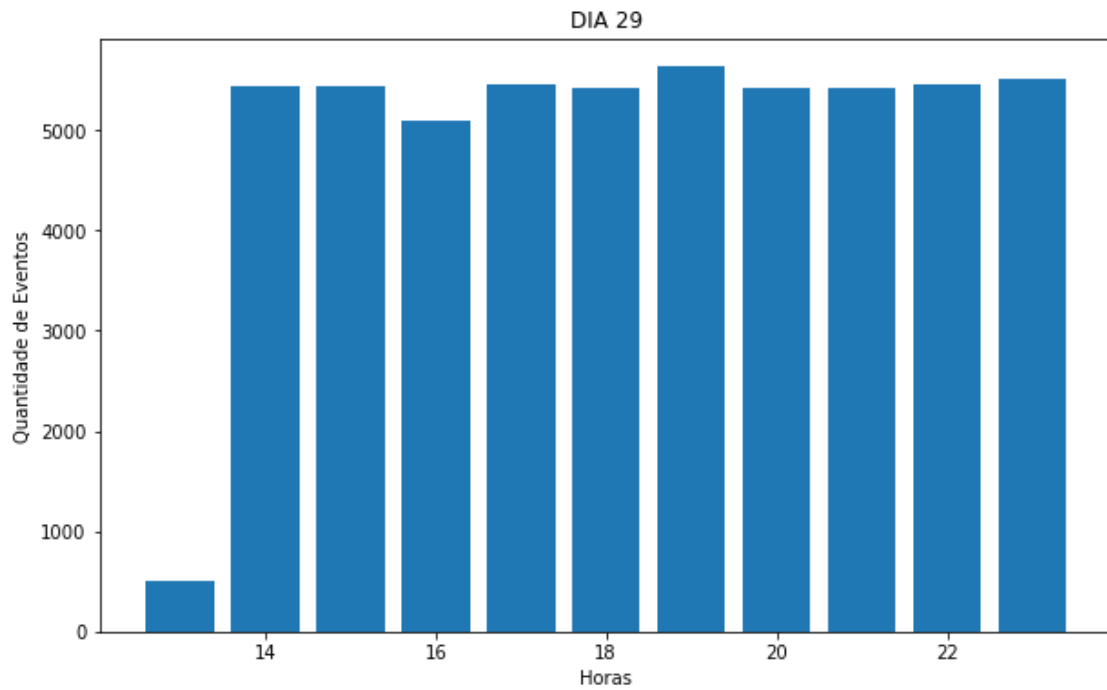
Média diária:5027.3333333333333

```
hora
0  5445
1  5455
```

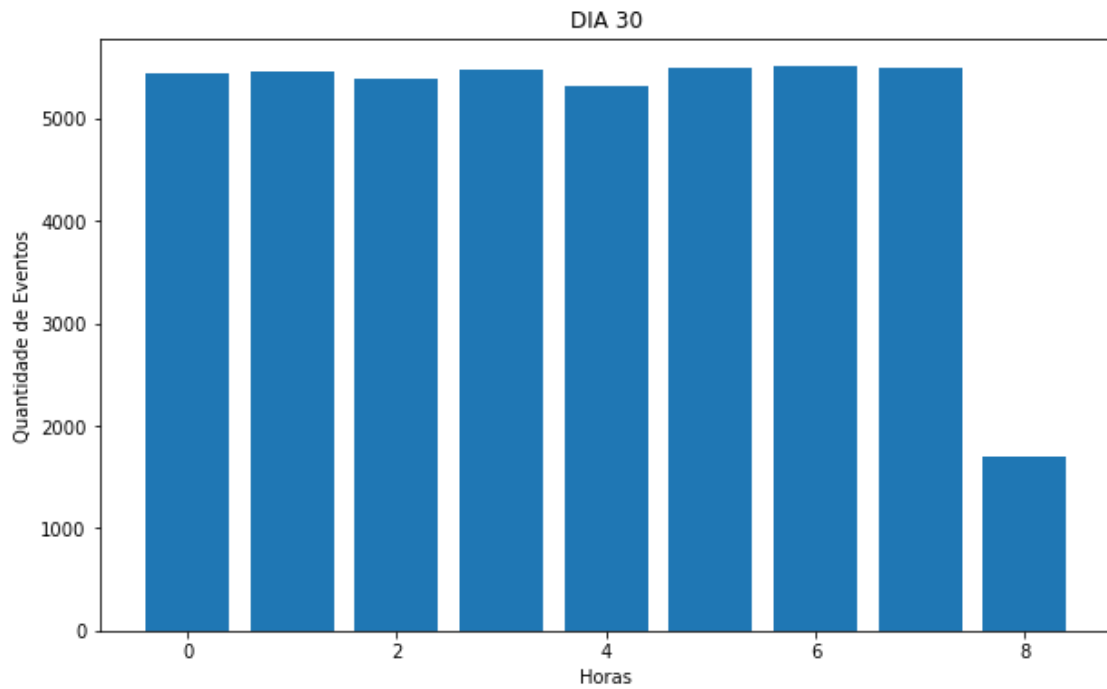
2 5394  
3 5470  
4 5309  
5 5486  
6 5508  
7 5489  
8 1690

## Histogramas

```
cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=29)
```

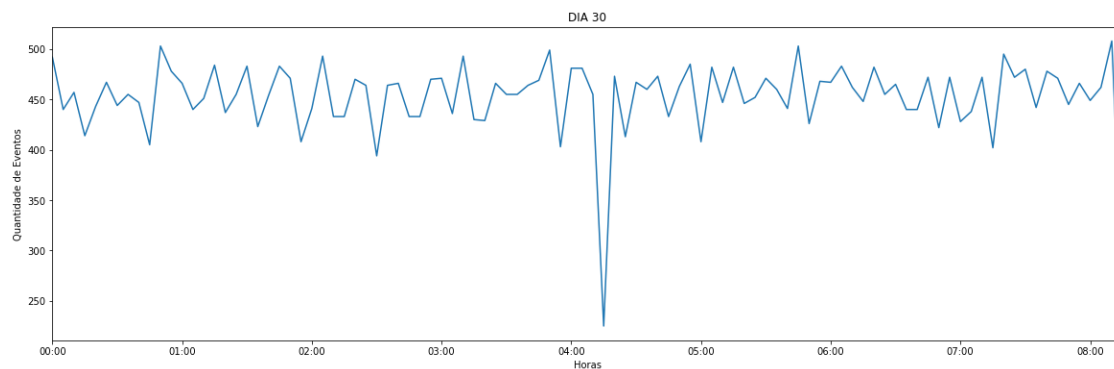


```
cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=30)
```



Outros gráficos

`cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)`



[Aluno 10]: ha algum horario que exista uma variacao significativa de deteccoes ? sim

[Aluna 1]: ha alguma diferenca no numero de detccoes entre esses dois dias ? sim

[Aluno 10]: quantas deteccoes aconteceram no horario X do dia Y ? das 16h as 18h do dia 29 aconteceram mais de 5000 deteccoes

[Aluno 10]: acredita que sim

[Aluna 1]: acredito que talvez nao tenha passado essa quantidade fim.

## Jupyter: Aluna 2 e Aluno 9

### Turma A

eu entendi q biblioteca serve para dar funções

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

O numpy é uma biblioteca python que auxilia a execução de calculos em vetores multidimensionais, com estretura para o mesmo.

Pandas é uma biblioteca que nos permite ler arquivos, como .txt, .csv, e .xlsx extrair junto um dataframe. Colhendo os dados dos sensores e enviando-os para o python.

Matplotlib é uma biblioteca que possibilita a criação de gráficos robustos e altamente customizáveis.

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   TriggerBits    100000 non-null  int64
1   Timestamp      100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Trigger bits armazenas os bits

timestamp nos diz com precisão o momento exato em que o evento ocorreu

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Análise e histogramas dos eventos

```
cosmic.MidiaPorHora(df, dia=29)
```

```
Média diária:4977.636363636364
hora
```

```

13  496
14  5430
15  5444
16  5086
17  5450
18  5412
19  5633
20  5416
21  5415
22  5463
23  5509

```

```
cosmic.MidiaPorHora(df, dia=30)
```

```
Média diária:5027.333333333333
```

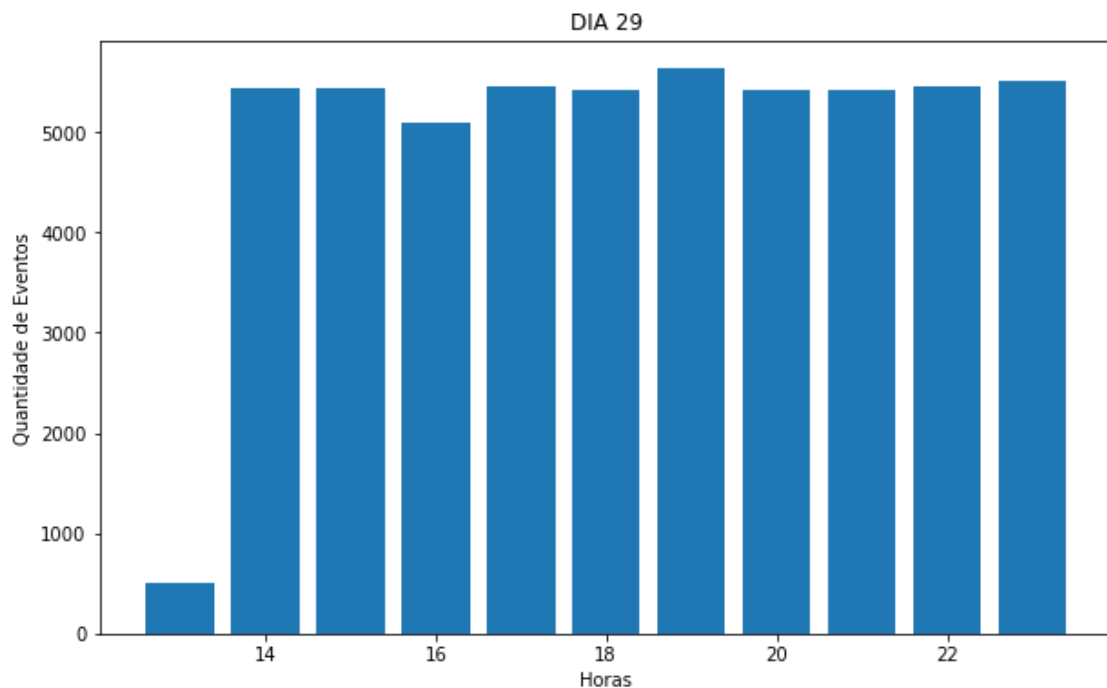
```

hora
0  5445
1  5455
2  5394
3  5470
4  5309
5  5486
6  5508
7  5489
8  1690

```

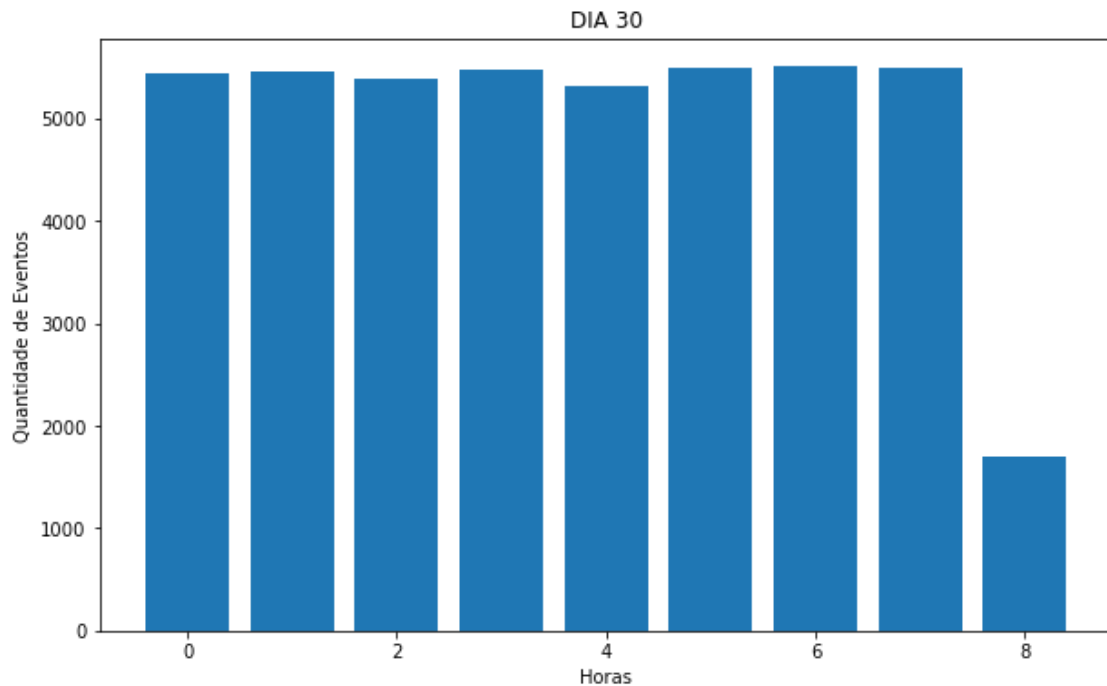
histograma é um distribuidor de frequências em representação de barras. Quando o volume de dados aumentada e tende a zero, a distribuição de frequência torna-se muito mais densa em questão de probabilidade.

```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=29)
```

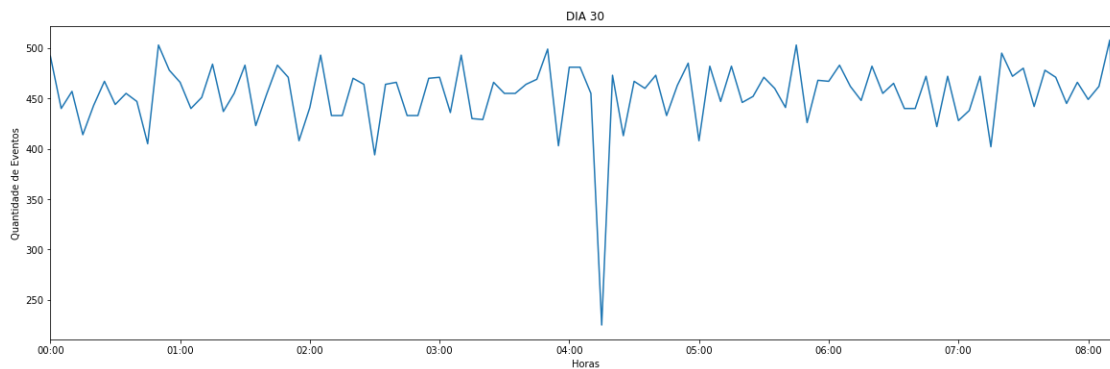


```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=30)
```





```
cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)
```



[Aluna 2]: 1) Há, no horário das 13 horas no dia 29 e no dia 30 as 8 horas. 2) No dia 29 há mais detecções no fator horário do que no dia 30. 3) Houveram 5.500 no dia 29 as 14 horas. 4) acredito q sim, pois se esta acontecendo em um detector, esta acontecendo conosco tambem.

[Aluno 9]: utilizando o grafico do dia 30 como referência 1) Houve uma variação bem menor do que as outras as 8 horas

2) sim a quantidade de colunas, os horarios pegaram valores diferentes. no primeiro dia houve uma variação significativa no primeiro horário, e no segundo dia no ultimo.

3) as 4 horas ocorreram cerca de 5500 detecções, e as 8 horas ocorreram cerca de 1800 detecções.

4) com certeza, somos atingidos a todo instante

## Jupyter: Aluno 5 e Aluno 11

## Turma A

[Aluno 5] e [Aluno 11]

Entendemos que o intuito do projeto é criar histogramas de valores maiores que são incabíveis para serem feitos a mão. As bibliotecas Pandas, Matplotlib e NumPy irão nos auxiliar com a decifragem de codigos e montagem dos Histogramas.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

começamos abrindo a biblioteca.

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

Aqui estamos abrindo a base de dados.

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   TriggerBits    100000 non-null  int64
1   Timestamp      100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Aqui estamos analisando o dataset

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Aqui criamos o timestamp

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Aqui começaremos a analisar os daods.

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=29)
```

Média diária:4977.636363636364

hora	Quantidade de Eventos
13	496
14	5430
15	5444
16	5086
17	5450
18	5412
19	5633
20	5416
21	5415
22	5463
23	5509

Aqui veremos os eventos que acontecem por hora.

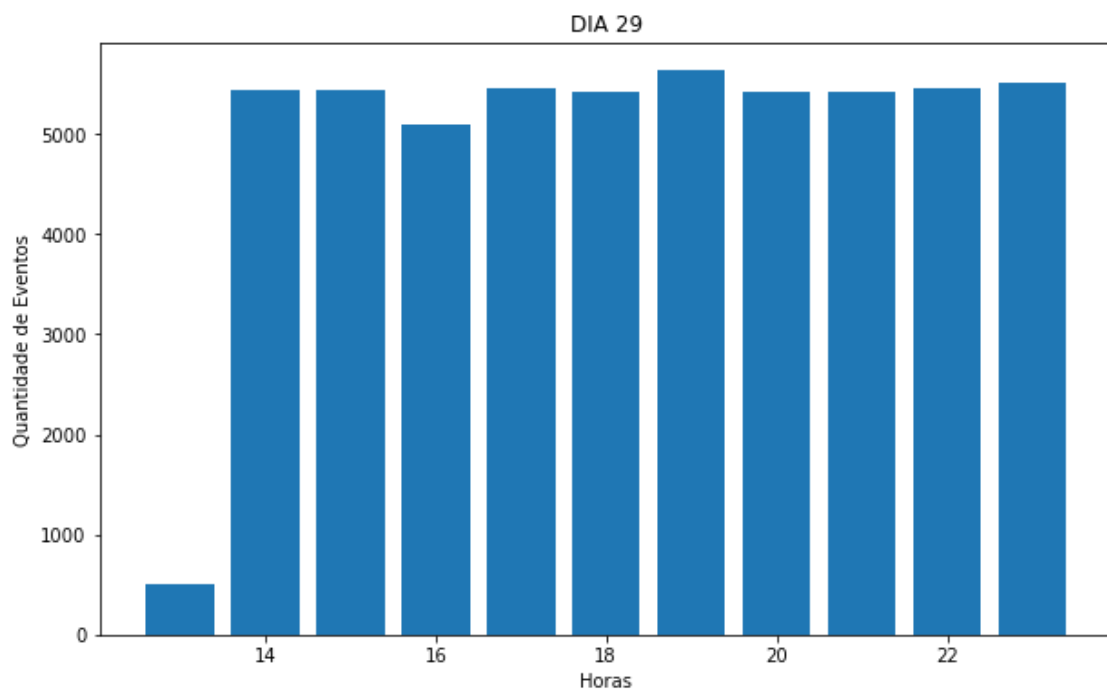
```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=30)
```

Média diária:5027.333333333333

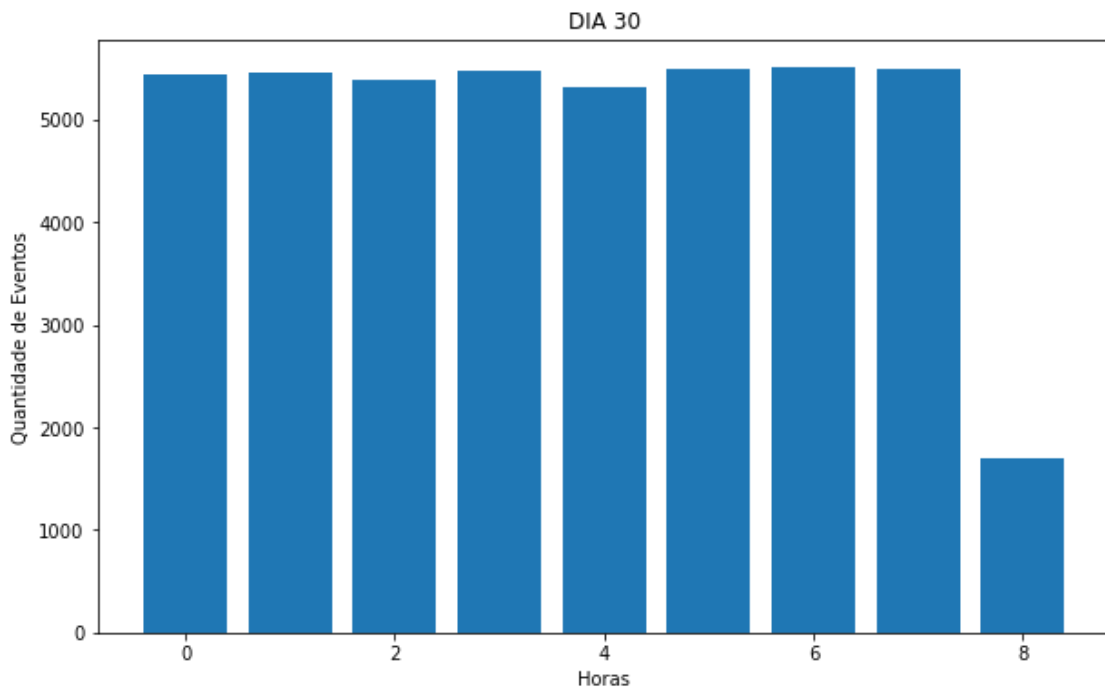
hora	Quantidade de Eventos
0	5445
1	5455
2	5394
3	5470
4	5309
5	5486
6	5508
7	5489
8	1690

Aqui vemos a distribuição das diferentes ativações dos sensores do dia 30

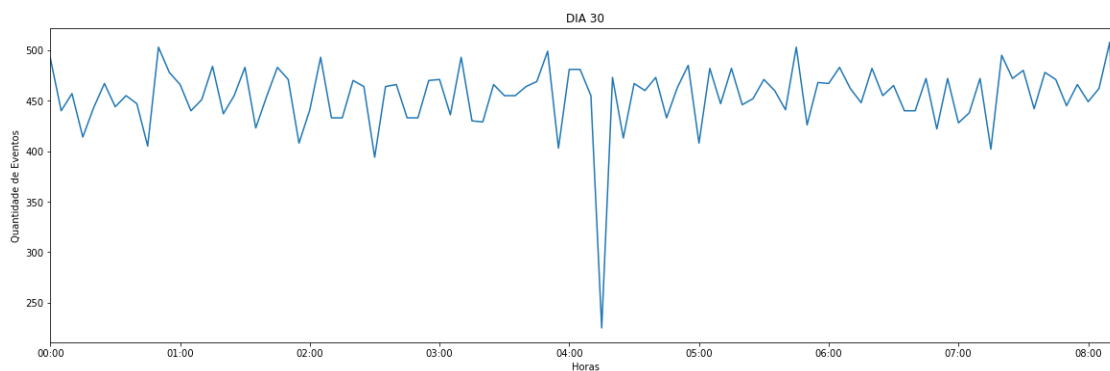
```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=29)
```



Aqui criamos um histograma para analisar as distribuições de raios cosmicos  
`cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=30)`



Aqui são os dados do dia 30  
`cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)`



Aqui podemos ver uma variação de gráfico, para resultados de resoluções menores (de 5 em 5 minutos)

[Aluno 5] diz que no primeiro gráfico a maior variação é de 0 a 14 horas, onde não chega a mil. [Aluno 11] diz que no segundo gráfico a maior variação é de 6 a 8 horas, onde não chega a 2 mil

A maior diferença é que no primeiro dia o sensor se inicia com menos detecções, enquanto no segundo dia ele finaliza o turno com menos detecções

## Jupyter: Aluno 6 e Aluna 5

## Turma B

[Aluno 6] e [Aluna 5]

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

biblioteca é necessário para que funcionem o programa com suas funções.

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   TriggerBits    100000 non-null   int64
1   Timestamp      100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

os bits são sensores que recebem os raios cósmicos.

os timestamp tem a função de informar horários e datas.

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

histograma é a representação gráfica (em colunas ou em barras).

```
cosmic.MidiaPorHora(df, dia=29)
```

```
Média diária:4977.636363636364
hora
13  496
14  5430
15  5444
16  5086
17  5450
18  5412
```

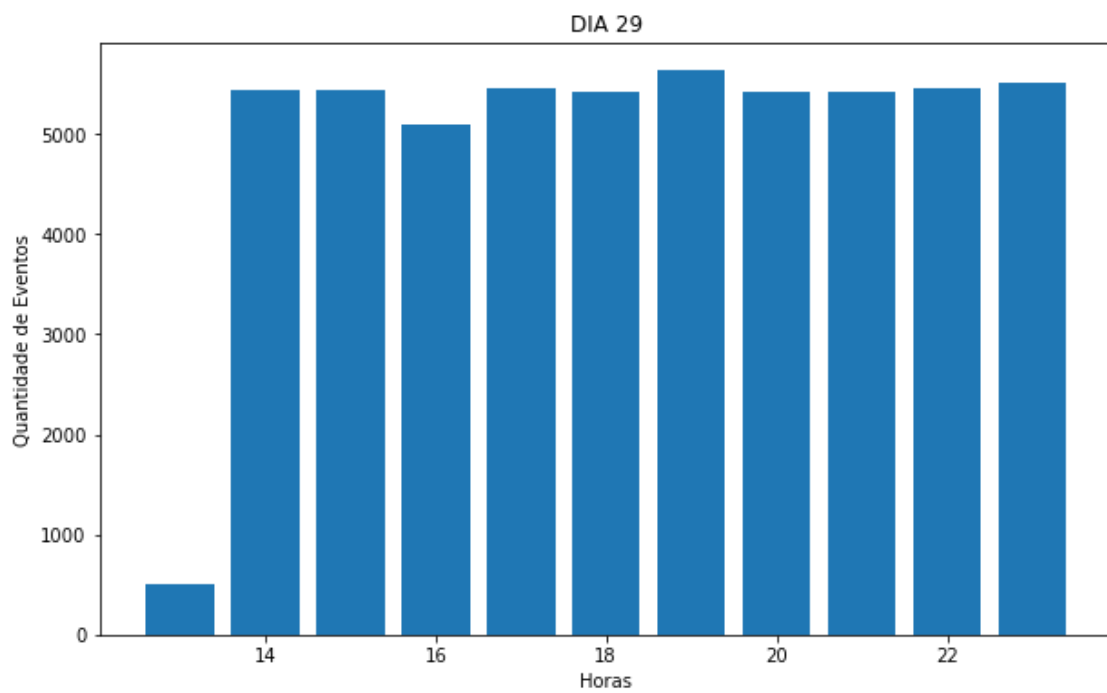
```
19 5633
20 5416
21 5415
22 5463
23 5509
```

```
cosmic.MediaPorHora(df,dia=30)
```

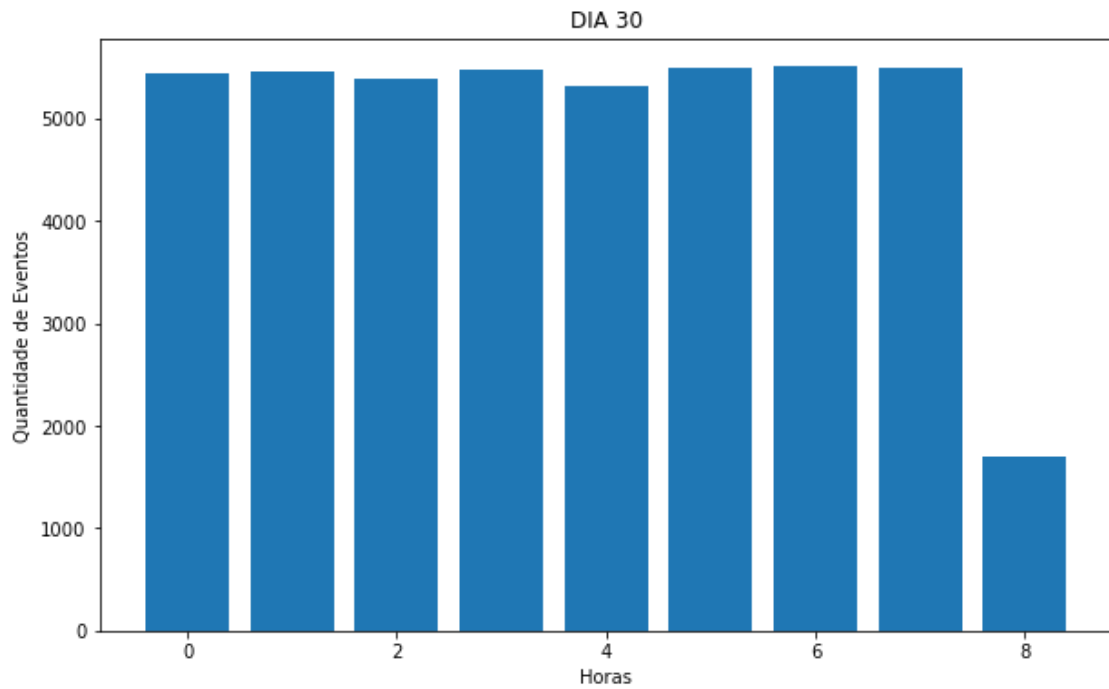
```
Média diária:5027.333333333333
```

```
hora
0 5445
1 5455
2 5394
3 5470
4 5309
5 5486
6 5508
7 5489
8 1690
```

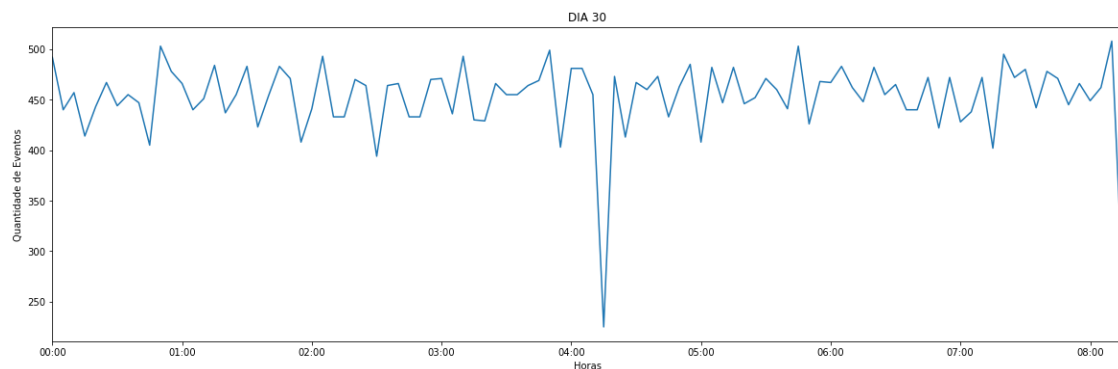
```
cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=29)
```



```
cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=30)
```



```
cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)
```



No dia 29 há uma grande variação no número de eventos a partir das 14h e no dia 30 a partir das 8h.

sim, o número de eventos é maior no dia 30.

houve 500 detecções um pouco antes das 1h no dia 30.

não, medindo apenas dois dias em um ano não tem como saber ao certo se nos restantes dos dias do ano serão iguais.

## Jupyter: Aluno 8 e Aluno 7

## Turma B

vou importar as bibliotecas

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

vou abrir a base de dados

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

vou abrir o dataset

```
print(df.info())

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   TriggerBits    100000 non-null  int64
1   Timestamp      100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

agora veremos as linhas da base de dados

converteremos o timestamp para datetime

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

vamos ver a media de eventos por hora

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=29)
```

Média diária:4977.636363636364

```
hora
13  496
14  5430
15  5444
16  5086
17  5450
18  5412
19  5633
20  5416
21  5415
22  5463
23  5509
```

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=30)
```

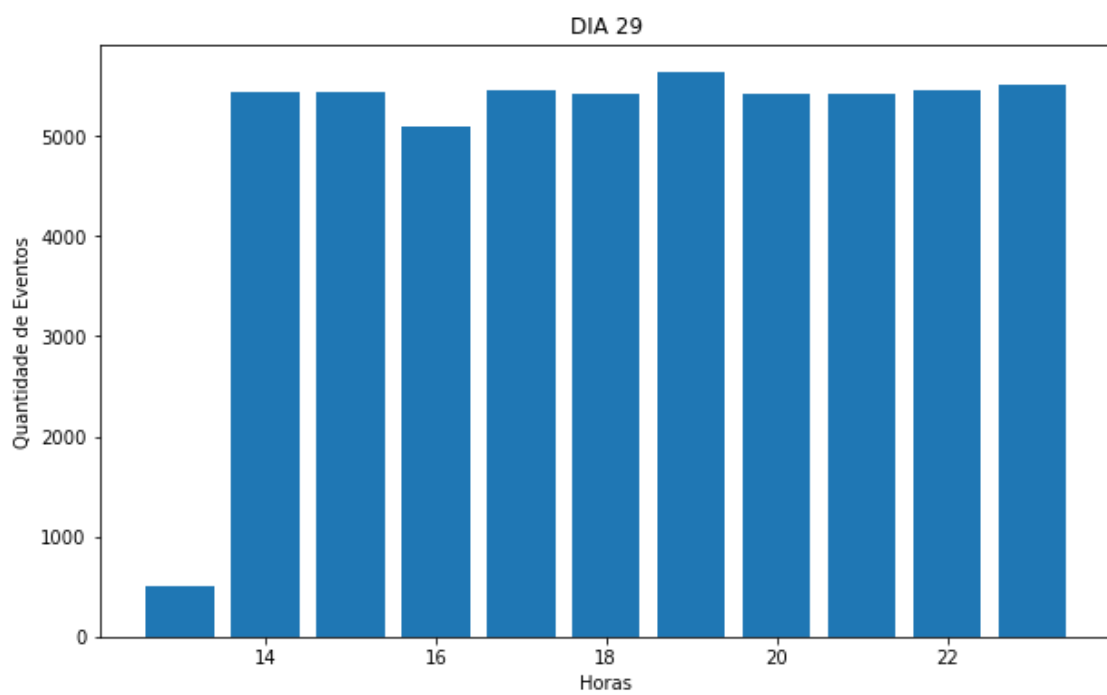


Média diária:5027.333333333333

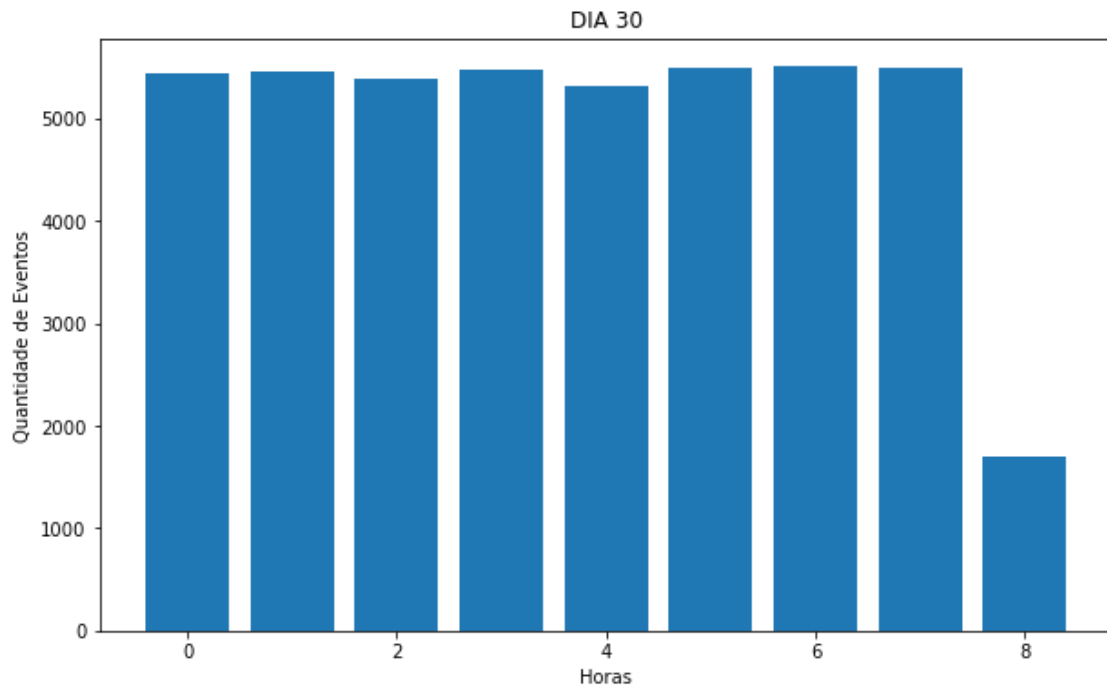
```
hora
0  5445
1  5455
2  5394
3  5470
4  5309
5  5486
6  5508
7  5489
8  1690
```

o histograma do dia 29 e do dia 30

```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=29)
```

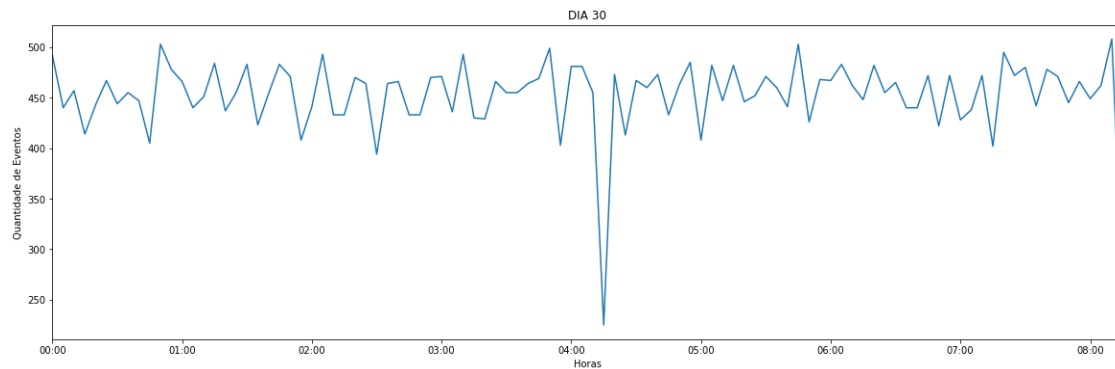


```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=30)
```



importaremos a quantidade de eventos no dia 30 agrupados em 5 em 5 minutos

```
cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)
```



1: entre 4 a 5 horas ha uma variaçao significativa de detecçoes. 2: no dia 30 houve mais detecçoes que no dia 29. 3: as duas horas do dia 30 ocorreram 5394 detecçoes. 4: sim, pois e inevitavel dado a quantidade de m $\mu$ ons que sao detectados por hora

## Jupyter: Aluno 3 e Aluna 7

### Turma B

[Aluno 3] e [Aluna 7]

Primeiramente, iremos adicionar as bibliotecas que auxiliam na compreensão de novas funções ao servidor, como o Numpy, O Pandas e o Marplotlib.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

Agora vamos abrir a base de dados.

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

Agora vamos entender como os dados estão estruturados e observar o Dataset no geral.

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   TriggerBits    100000 non-null    int64
1   Timestamp      100000 non-null    object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Vamos importar os Trigger Bits que são os dados das configurações do sensor que recebeu o raio cósmico e Timestamp que diz o horário exato e a data em que o evento ocorreu.

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Para que o Timestamp possa ser utilizado, é preciso convertê-lo em Datetime para que o Python possa interpretá-lo.

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Vamos analisar os histogramas.

Os eventos aconteceram em dois dias 29 e 30 de setembro de 2019. Vamos analisar quantos eventos aconteceram por hora.

```
cosmic.MediaPorHora(df,dia=29)
```

```
Média diária:4977.636363636364
```

```
  hora
13  496
14 5430
15 5444
16 5086
17 5450
18 5412
19 5633
20 5416
21 5415
22 5463
23 5509
```

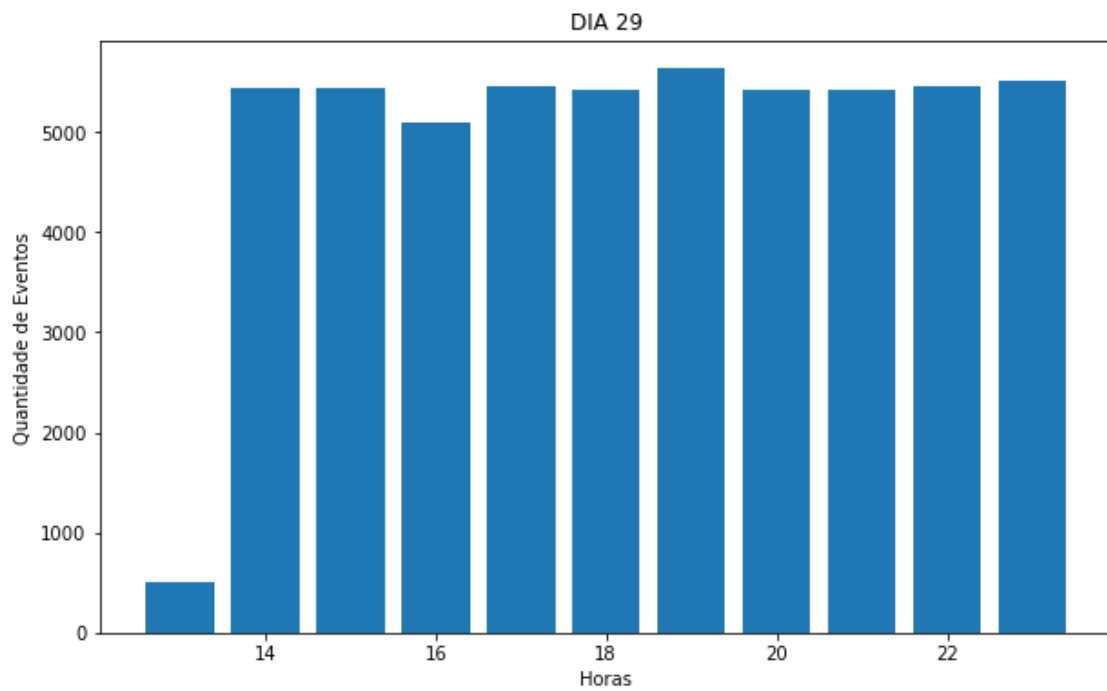
```
cosmic.MediaPorHora(df,dia=30)
```

```
Média diária:5027.333333333333
```

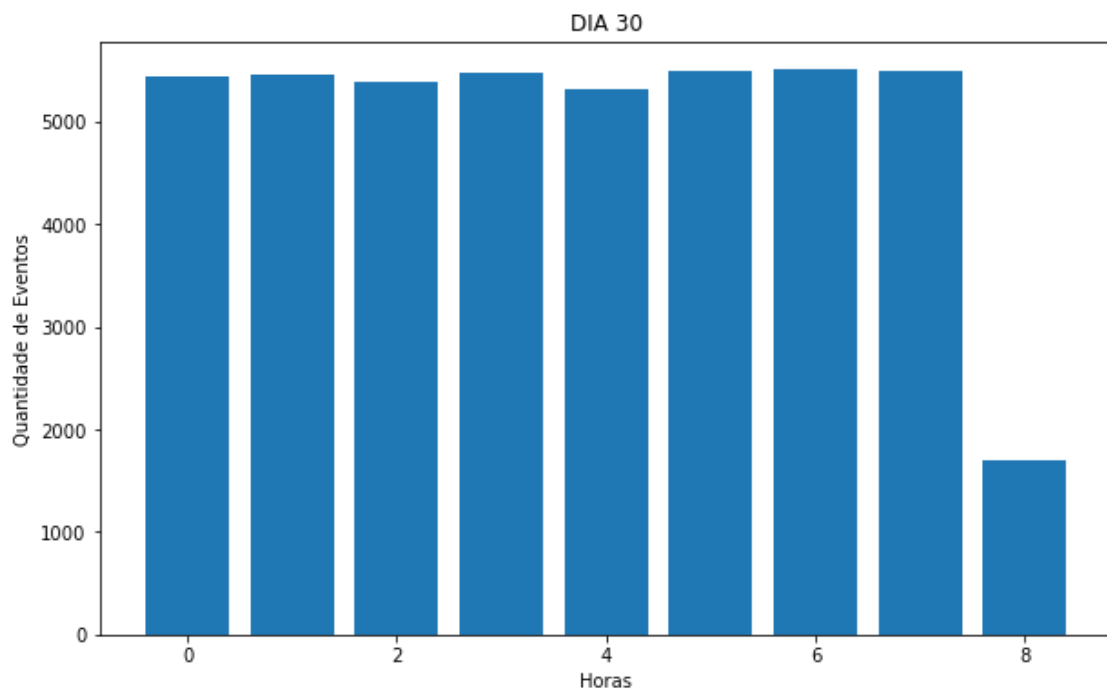
```
  hora
0  5445
1  5455
2  5394
3  5470
4  5309
5  5486
6  5508
7  5489
8  1690
```

O histograma é a representação gráfica de um conjunto de dados divididos em uniformes e não uniformes.

```
cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=29)
```

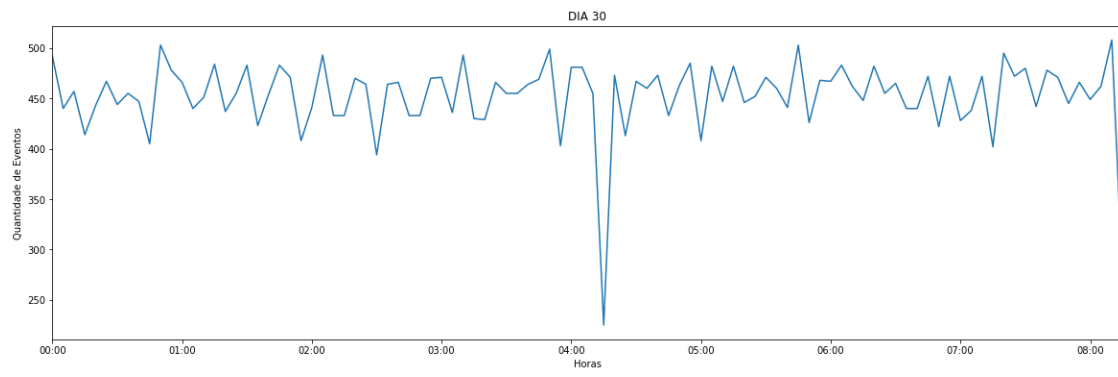


```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=30)
```



Para uma melhor precisão de tempo, pode se gerar gráficos com resoluções menores.

```
cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)
```



## Jupyter: Aluno 4

## Turma B

[Aluno 4]

```
-----
-----
NameError                                Traceback (most recent call
last)
<ipython-input-1-7478125d7ac4> in <module>
----> 1 Lucas
```

NameError: name 'Lucas' is not defined

Lucas

vou agora importar bibliotecas

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

bibliotecas são programas que contem funções criadas por outras pessoas que nos possibilitam usar ferramentas já prontas. Agora vou abrir uma base de dados

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   TriggerBits    100000 non-null  int64
1   Timestamp      100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Os bits nos banco de dados se referem as propriedades dos sensores

O timestamp, que mostra o horário exato em que o evento aconteceu

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Cada linha é um evento que para modificar precisa converter para datetime

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

eventos do dia 29 e 30

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=29)
```

Média diária:4977.636363636364

hora	
13	496
14	5430
15	5444
16	5086
17	5450
18	5412
19	5633
20	5416
21	5415
22	5463
23	5509

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=30)
```

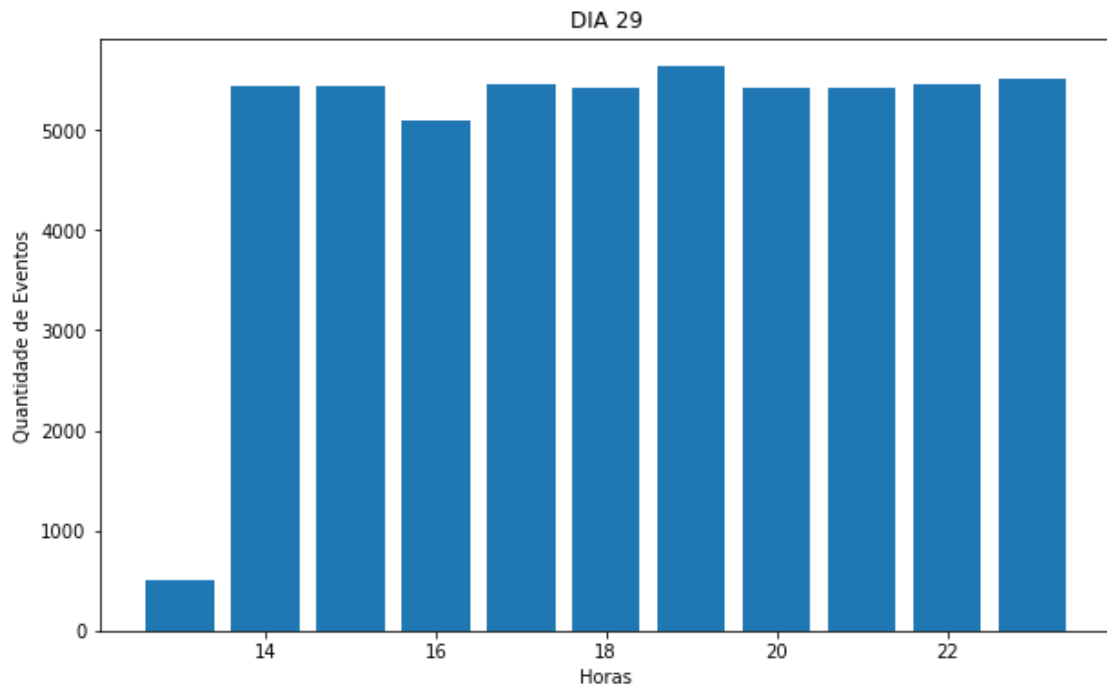
Média diária:5027.333333333333

hora	
0	5445
1	5455
2	5394
3	5470
4	5309
5	5486
6	5508
7	5489
8	1690

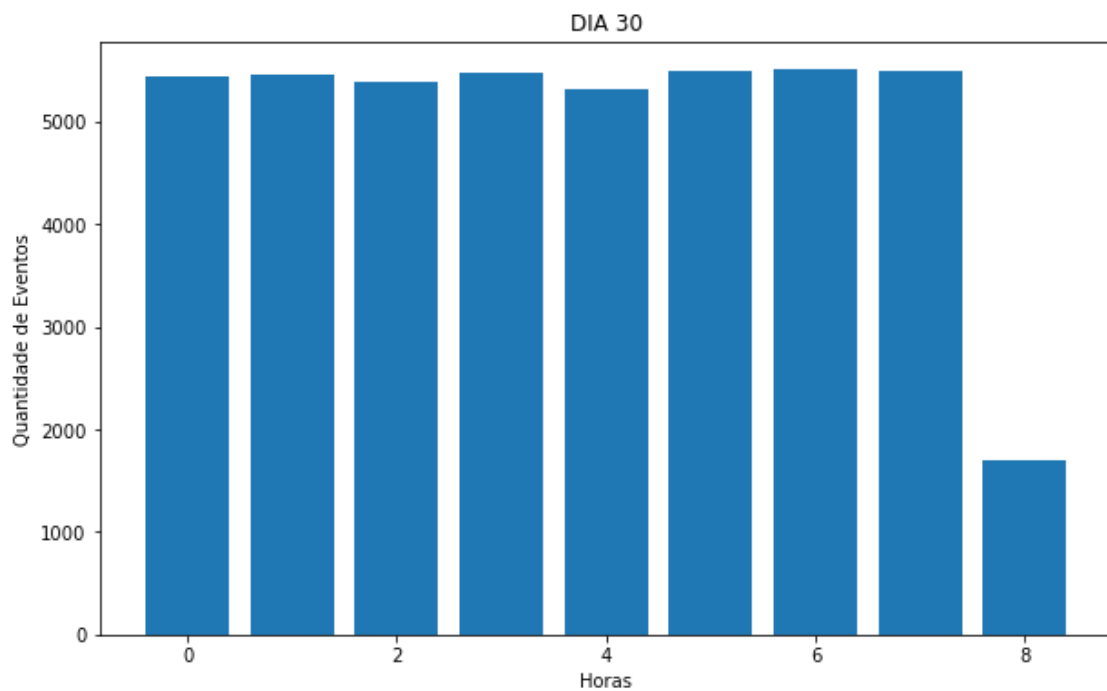
Histogramas é a distribuição de frequência em colunas ou barras

```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=29)
```





`cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=30)`



Gráficos com resoluções menores geram mais precisão

`cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)`

1- No dia 29 há uma grande variação no numero de eventos apartir das 14 e no dia 30 isso acontece apartir das 8

2 Sim, o numero de eventos é maior no dia 30

3- houve 500 detecções um pouco antes das 1:00 no dia 30

4- Não, medindo apenas dois dias em um ano não tem como saber ao certo se nos dias restantes do ano será o mesmo numero de eventos.



## Jupyter: Aluna 6 e Aluna 4

## Turma B

[Aluna 6] e [Aluna 4]

Agora iremos colar a bibliotecas numpy que é usada principalmente para realizar cálculos em vetores multidimensionais (listas, matrizes e tensores de maiores dimensões). sera muito util pois temos muitos dados. Mas tambem iremos utilizar outras bibliotecas tipo pandas e o matplotlib

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

Agora vamos abrir a base dados

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

Antes de partir para qualquer tipo de analise é uma boa prática tentar entender como os dados estão estruturados e dar uma olhada no dataset em geral.

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   TriggerBits     100000 non-null  int64
1   Timestamp       100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Agora vamos ver sobre Trigger Bets

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Essas seriam as cinco primeiras linhas da nossa base de dados, nelas enxergamos coisas interessantes:

- Cada linha é um evento diferente
- Temos informações do horário em que o evento aconteceu
- Sabemos quais foram os sensores acionados em cada detecção

Para que possamos utilizar o Timestamp, devemos convertelo novamente para datetime, o tipo em que o Python consegue interpretar-lo

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Agora podemos começar a analisar o que temos

Análise e histogramas dos eventos

Temos eventos de dois dias distintos, 29 e 30 de setembro de 2019. Vamos inicialmente ver quantos eventos acontecem por hora:

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=29)
```

Média diária:4977.636363636364

	hora
13	496
14	5430
15	5444
16	5086
17	5450
18	5412
19	5633
20	5416
21	5415
22	5463
23	5509

Média de eventos por hora

Temos eventos de dois dias distintos, 29 e 30 de setembro de 2019. Vamos inicialmente ver quantos eventos acontecem por hora:

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=29)
```

Média diária:4977.636363636364

	hora
13	496
14	5430
15	5444
16	5086
17	5450
18	5412
19	5633
20	5416
21	5415
22	5463
23	5509

Distribuição das diferentes ativações dos sensores

```
cosmic.MediaPorHora(df, dia=30)
```

Média diária:5027.333333333333

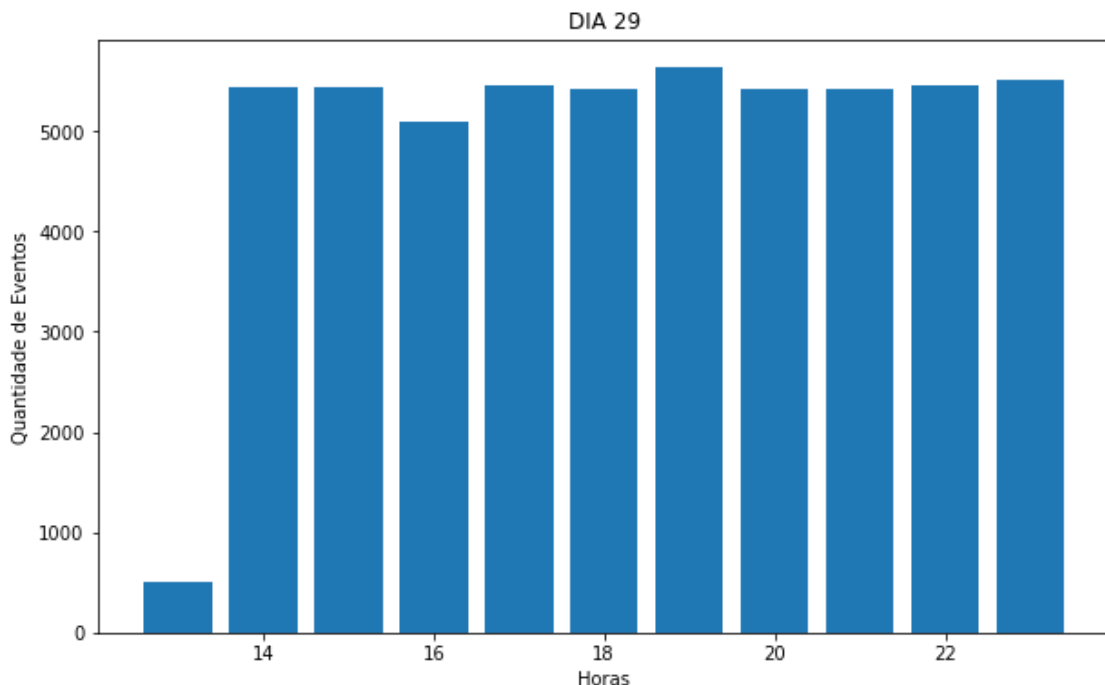
	hora
0	5445
1	5455
2	5394
3	5470

4 5309  
 5 5486  
 6 5508  
 7 5489  
 8 1690

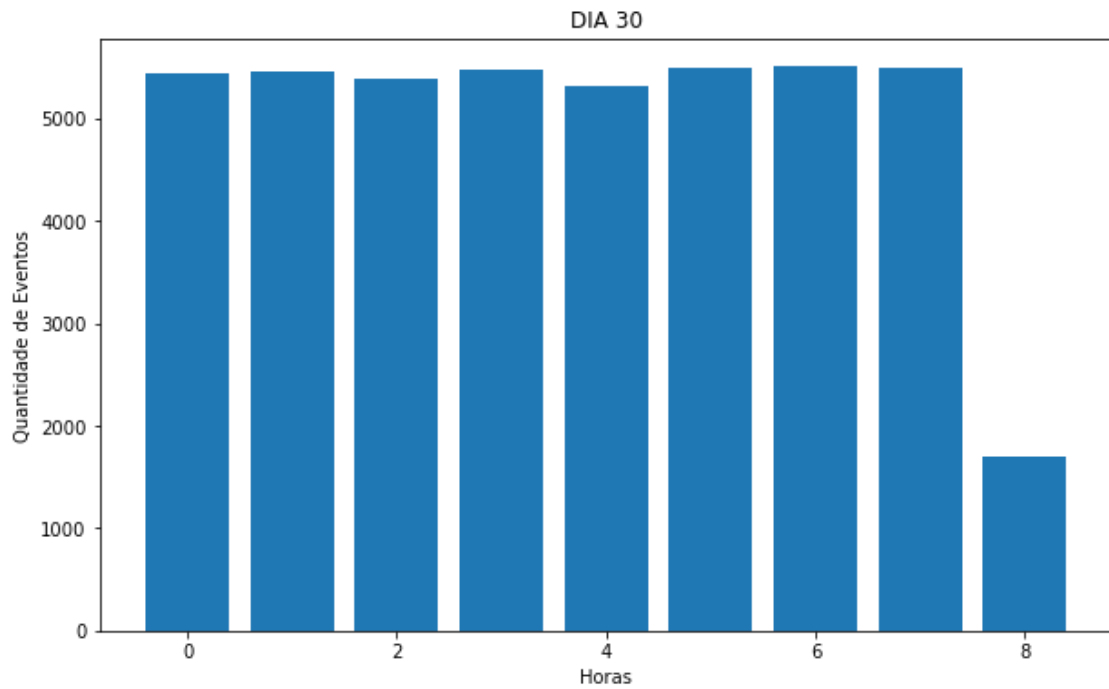
Histogramas Queremos saber qual a distribuição de raios cósmicos em um dia, então usaremos um Histograma:

O histograma, também conhecido como distribuição de frequências, é a representação gráfica em colunas ou em barras (retângulos) de um conjunto de dados previamente tabulado e dividido em classes uniformes ou não uniformes. A base de cada retângulo representa uma classe. A altura de cada retângulo representa a quantidade ou a frequência absoluta com que o valor da classe ocorre no conjunto de dados para classes uniformes ou a densidade de frequência para classes não uniformes. Importante ferramenta da estatística, o histograma também é uma das chamadas sete ferramentas da qualidade. Quando o volume de dados aumenta indefinidamente dentro do conjunto de dados e o intervalo de classes tende a zero (o que torna os retângulos cada vez mais finos e altos), a distribuição de frequência torna-se uma distribuição de densidade de probabilidades. A construção de histogramas tem caráter preliminar em qualquer estudo e é um importante indicador da distribuição de dados. Os histogramas podem indicar se uma distribuição se aproxima de uma função normal, assim como também podem indicar a mistura de populações quando se apresentam bimodais.

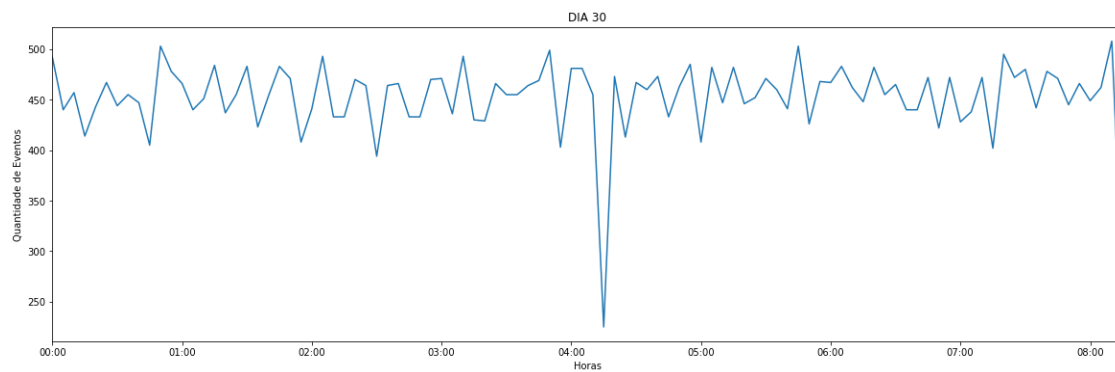
```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=29)
```



```
cosmic.HistogramaPorHora(df, dia=30)
```



Outros gráficos Se precisarmos de precisão maior de tempo, podemos também gerar gráficos com resoluções menores, o gráfico abaixo é um exemplo, nele vemos a quantidade de eventos no dia 30 agrupados de 5 em 5 minutos: `cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)`



## Jupyter: Aluno 2

## Turma B

Importando a biblioteca

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

Comecei abrindo a biblioteca

```
df = pd.read_csv("events.csv", index_col = "EventNumber")
```

Agora abri a base de dados

```
print(df.info())
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 100000 entries, 109491 to 209490
Data columns (total 2 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   TriggerBits    100000 non-null  int64
1   Timestamp      100000 non-null  object
dtypes: int64(1), object(1)
memory usage: 2.3+ MB
None
```

Agora estou criando o timestamp

```
df.head()
```

EventNumber	TriggerBits	Timestamp
109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
109494	1000111	1989-09-29 13:55:04
109495	1000111	1989-09-29 13:55:05

Comecei a converter para datetime novamente

```
df['Timestamp'] = pd.to_datetime(df["Timestamp"])
```

Análise e histogramas dos eventos

```
cosmic.MidiaPorHora(df, dia=29)
```

```
Média diária:4977.636363636364
hora
13  496
14  5430
15  5444
16  5086
```

```

17 5450
18 5412
19 5633
20 5416
21 5415
22 5463
23 5509

```

```
cosmic.MidiaPorHora(df,dia=30)
```

```
Média diária:5027.333333333333
```

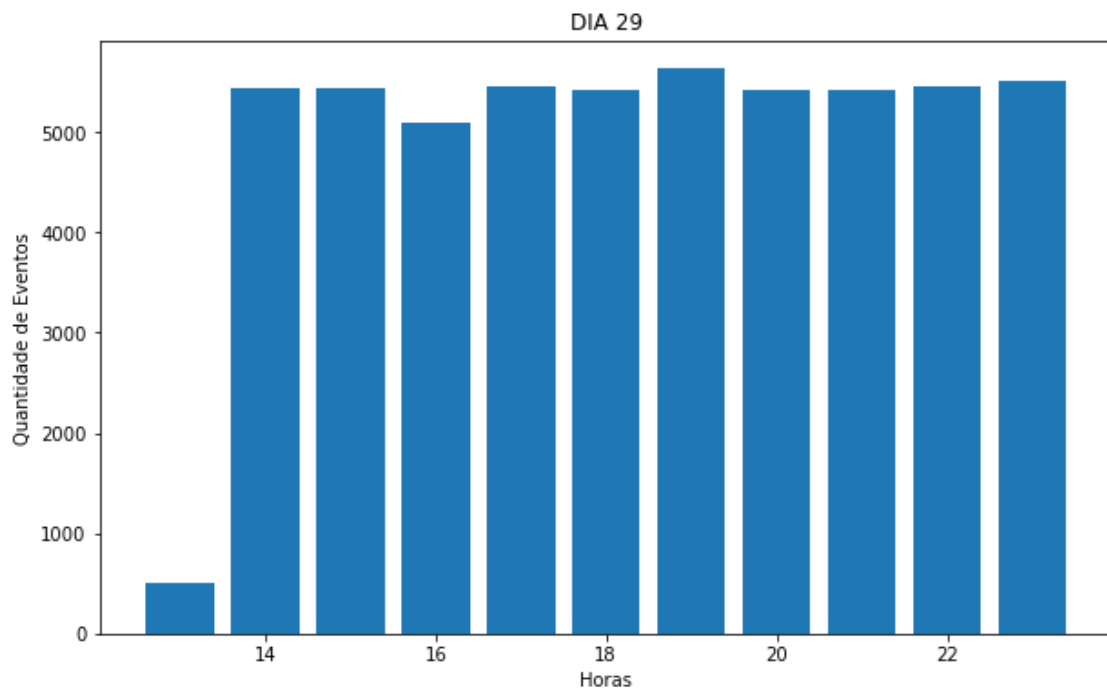
```

hora
0 5445
1 5455
2 5394
3 5470
4 5309
5 5486
6 5508
7 5489
8 1690

```

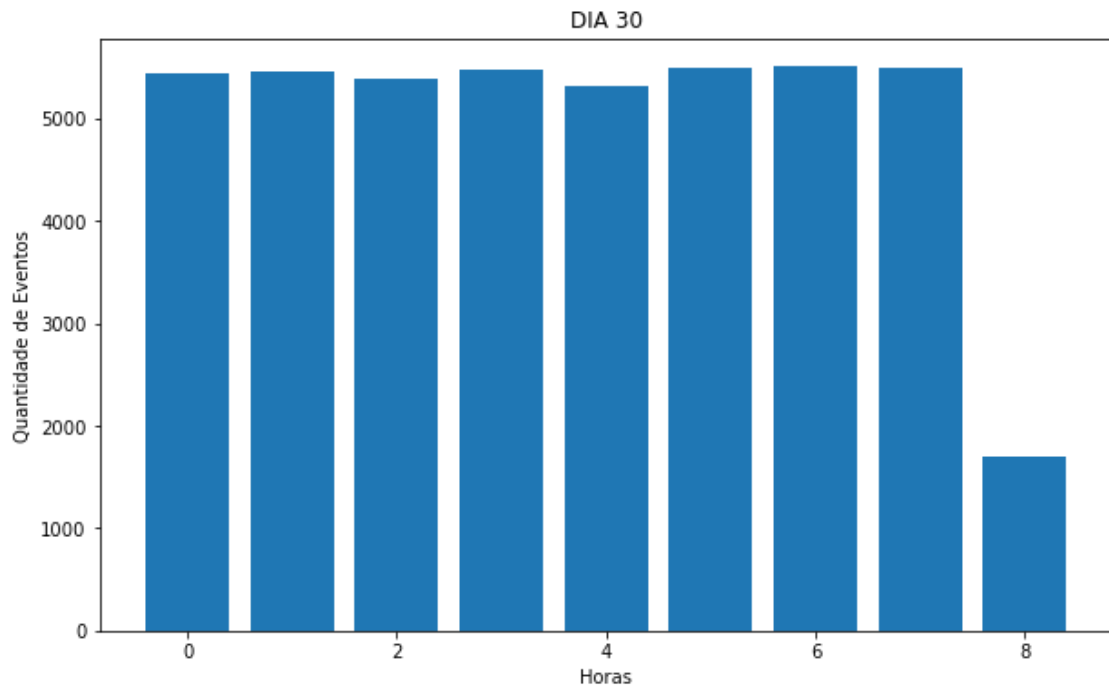
### Histogramas

```
cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=29)
```



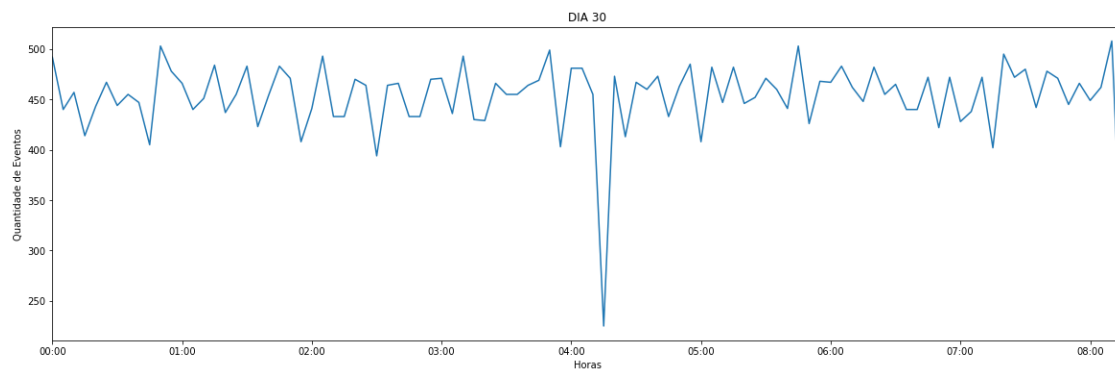
```
cosmic.HistogramaPorHora(df,dia=30)
```





### Outros gráficos

`cosmic.Histograma(df, dia =30, bin = 5)`



Sim, houve variações, no dia 29, das 0h às 14h .No dia 30, das 6h às 8h sim, tem diferenças no dia 29 das 0h às 14h menos de 1000 eventos. E no dia 30 das 6 às 8 menos de 2000

Transcrição das entrevistas: Estudantes

## Entrevista – Aluna 1

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluna 1

Idade: 17

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- menor que 1 salário mínimo
- entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Não

## Entrevista – Aluna 1

00:00:01 Entrevistador

Então vamos lá. Se apresente, por favor.

00:00:04 Aluna 1

Eu sou a [Aluna 1], tenho 17 anos.

00:00:05 Entrevistador

[Aluna 1], 17 anos, está no...

00:00:08 Aluna 1

Terceiro ano do ensino médio.

00:00:11 Entrevistador

Terceiro ano. Muito prazer, eu sou o [Entrevistador].

00:00:14 Aluna 1

Muito prazer.

00:00:16 Entrevistador

Legal. E você está estudando aqui faz quanto tempo?

00:00:20 Aluna 1

Faz muitos anos. Eu vim aqui, saí d Zé Martins e já vim pra cá. Acho que do quinto ano, não, né? Mas faz bastante tempo. Do quinto ano e...

00:00:30 Entrevistador

Do sexto, eu acho. Eu acho que aqui começa no sexto, né?

00:00:34 Aluna 1

É, sexto, sétimo ano.

00:00:37 Entrevistador

Ah, da hora. E aí você tem aula com o Carlos faz quanto tempo?

00:00:40 Aluna 1

Nossa, eu tenho aula com o Carlos, eu acho que... Desde que eu entrei no ensino médio. Foi no segundo ou foi no primeiro.

00:00:46 Entrevistador

Ah... Caramba. Faz bastante tempo. E aí ele... Ele dá aula de física pra você?

00:00:54 Aluna 1

Física e matemática.

00:00:56 Entrevistador

Ah ele da dos dois? o cara é muito bom, né? E aí você nota alguma diferença, assim, entre o ensino fundamental, o professor que você tinha no ensino fundamental e o Carlos?

00:01:06 Aluna 1

Ah, tem diferença, né? Tanto que muda de professor e tem uma sensibilidade, mas o Carlos ele é muito legal. Cada aula ele é extremamente super legal. Gosto bastante das aulas dele.

00:01:16 Entrevistador

Ah, que da hora. Em termos de atividade, assim, você lembra? Era muito diferente, agora...

00:01:24 Aluna 1

Ah, acaba... Quando o ensino muda, né, acaba que vem uma atividade mais difícil, mas... Mas o formato que ele ensina, a gente consegue saber certinho e fazer, tipo, fácil.

00:01:38 Entrevistador

Normalmente é o que? Mais conta, é o que?

00:01:40 Aluna 1

Na parte da matemática, vai mais conta. Física vai mais... Vamos dizer, tipo, de tamanho de coisas, ou... Nesses dias mesmo, a gente falou sobre átomos, começou a perguntar o que a gente sabia sobre átomos e tal, ele pediu pra gente fazer um pequeno texto pra explicar. Ele dá folhinhas, né, com as questões que ele passa na lousa, ele explica tudo bonitinho, certinho. Aí já na matemática é mais... Tem coisa de variância na matemática, tem raiz quadrada, tem um monte de coisa difícil.

00:02:11 Aluna 1

Eu sou mais pro lado da física, né, mas... Mesmo que tenha bastante contas, mas... É... Humanas. Matemática é um pouco difícil de desenvolver comigo.

00:02:21 Entrevistador

É, essa conta ali é complicado, né.

00:02:24 Aluna 1

Matemática é complicado.

00:02:27 Entrevistador

E aí, como que foi aí pra você entrar nesse projeto? Você tava caminhando ali, o Carlos falou?

00:02:31 Aluna 1

Então, ele já tinha me colocado nos projetos antes de interclasse, que foi pra gente ir na USP, ver os negócios dos átomos, aí foi muito bom. A gente foi dois dias lá, aí depois entrou a pandemia, aí ele me colocou de novo no interclasse, que é muito legal.... Masterclass, né?

00:02:46 Entrevistador

Aham.

00:02:48 Aluna 1

Aí a gente viu sobre átomos e tal, e ele me comunicou e falou assim, [Aluna 1], eu tenho um negócio de raios cósmicos, né, que a faculdade falou e tal, se eu queria ver se você tem a possibilidade, [Aluna 1]? Eu falei sim. Ele falou no começo, quando a gente tava no Masterclass. Aí eu falei assim, vai ser mais pra frente, aí a gente vai vendo. Aí ele perguntou se eu queria, eu falei sim, sim, queria, né. Porque raios cósmicos é muito legal, física... Física me chama atenção. Mesmo que seja difícil, assim, tem a área da matemática, mas me chama atenção.

00:03:16 Aluna 1

Aí eu aceitei. Aí foi dois Masterclass e o de raios cósmicos.

00:03:21 Entrevistador

Ah, os Masterclass foi onde? Foi na USP?

00:03:24 Aluna 1

Um foi na USP e o outro a gente fez online, porque já tinha pandemia e a gente não podia ir presencialmente, tava fechado. Aí um foi na... A gente foi dois dias, foi muito legal. E o outro foi por celular, a gente fez tudo online. A gente fez as pesquisas dos átomos, a gente fez as contas certinho pra ver qual era, qual era o Higgs, qual era o Bose, um monte.

00:03:49 Entrevistador

Ah, olha isso.

00:03:50 Aluna 1

Muito legal.

00:03:51 Entrevistador

Tinha muita partícula, né?

00:03:52 Aluna 1

Nossa, tinha muita partícula. Quando a gente foi lá pra fazer no computador mesmo, a gente tinha que calcular, né? A gente tinha que saber. Nossa, era muito legal, de verdade. Tinha um monte de partículas que a gente tinha que saber, se ela passava a mais ou se não, se ela se partia em duas, era muito legal.

00:04:06 Entrevistador

Ah, que da hora. Então, é... A gente tá chegando no final já, né, dessa nossa atividade. Hoje é o último dia, depois férias. Ou talvez, né, na terça-feira estão dizendo que vai rolar a pizza aí.

00:04:22 Aluna 1

Eu escutei essa história aí (risada).

00:04:24 Entrevistador

Eu vou cobrar o Carlos.

00:04:26 Aluna 1

Eu também vou cobrar ele.

00:04:28 Entrevistador

Mas enfim, estamos chegando no finalzinho. O que você lembra, assim, que aconteceu nesses dias? Tirando da memória.

00:04:36 Aluna 1

Então, a gente viu sobre raios cósmicos ionizantes, né? De onde que eles vêm, aí o Carlos perguntou pra gente, né, se eles vinham da Terra, da atmosfera, se eles vinham de cima. Aí ele fez uma sequência de perguntas, ele colocou folhinhas, né, pra gente saber. Com várias opiniões diferentes de pesquisadores, que eles faziam na teoria e via, né, se realmente era aquilo.

00:05:00 Aluna 1

Aí eu lembro que uma gente tinha que ver qual que era, se vinha da Terra ou se vinha da atmosfera. Aí a gente escolhia qual era o quadradinho de texto que a gente achava que era, né. Aí eu e meu amigo, a gente colocou que vinha lá de cima, de atmosfera. Mas não

necessariamente do Sol, porque o Sol não manda raios de luzes. E eles vinham de fora da Terra e a Terra, ela meio que abaixava eles, sabe, fazia eles diminuírem.

00:05:27 Aluna 1

Aí então ele mostrou pra gente também um projetinho que ele fez, que era um cubinho de vidro e dentro tinha dois negocinhos, tipo como se fosse folhinhas de ouro, né, que era o do projeto. Aí ele fez, só que não apareceu tanto e não mostrou tanto, por conta que não tinha muito calor. Mas ele mostrou, foi muito legal. E a gente também fez tabelas ontem de colunas. Aí a gente tinha que fazer a conta certinho de colunas, aí pra cada um ele passou um tanto de coluna. Pra mim, pro meu amigo foi quatro, aí a gente tinha que fazer certinho, pra gente ter contabilidade, uma folhinha quadriculada e fazer as barrinhas. Aí a gente deu idades de pessoas aleatórias, que a gente queria, né, 19, 47, enfim, aí a gente, cada um fez uma tabelinha.

00:06:12 Entrevistador

Aham. Caramba, você lembra de bastante coisa, a memória tá boa, hein? Olha só. Não, legal. E aí a atividade que você tava comentando, né, aquela dos cartões, ela foi em dupla, né?

00:06:23 Aluna 1

Foi, foi em dupla.

00:06:24 Entrevistador

Você interagiu bem com essa dupla? Já conhecia?

00:06:27 Aluna 1

Sim, eu já conhecia, ele era minha sala, meu amigo. Aí foi mais, a gente só foi, a gente leu cada um, né, cada um mandou a sua opinião, falou, ah, eu acho que esse é da terra, ou de fora, aí a gente foi, entrou em um acordo, né, e os dois continuam, foi na mesma conclusão, de que eles vinham fora da terra.

00:06:42 Entrevistador

Aham. Ah.

00:06:43 Aluna 1

Aí foi assim, pra conclusão.

00:06:45 Entrevistador

Não, legal. Tá, e daqueles cartões ali, tem algum que te marcou, assim, que você lembra? Ou esse aqui eu me esqueci.

00:06:54 Aluna 1

Ah, em específico, o da Torre Eiffel, né, que ele meio que entra em debate, é, que ele, na visão dele, vinha da terra, porém, entretanto, na via, não vinha da terra. Quando ele fez da Torre Eiffel, subindo nela e tals, é, meio que debate as duas, né, porque ele queria que fosse de um, só que ele fazendo os cálculos certinho, na teoria, foi de outro. Achei bastante interessante.

00:07:20 Aluna 1

E o do mar também, que ele colocou a caixinha dentro da água, dentro do oceano, achei bem interessante.

00:07:26 Entrevistador

Ah, legal. Teve algum que você teve mais dificuldade, assim, tava mais complicado?

00:07:31 Aluna 1

Em questão, foi esse da Torre Eiffel, né, da gente ver assim, assimilar certinho junto com os outros e, né, no total ali pra ver se realmente ele atribuiria a ser de fora da terra ou ser da terra.

00:07:44 Entrevistador

Ah, legal. Não, bacana. E aí vocês chegaram então que ele era extraterrestre, né?

00:07:50 Aluna 1

É, que a gente pegou ele extraterrestre.

00:07:52 Entrevistador

E teve algum momento assim que vocês pensaram, pô, pode ser que seja terrestre?

00:07:56 Aluna 1

Quando a gente leu a Torre Eiffel e tinha outro, eu não vou lembrar agora, mas ele falava, né, que vinha da terra também, a gente ficou tipo, e agora? Aí a gente leu mais uma vez, releu mais umas vezes e pensou, vamos calcular certinho, ver qual que, né, bate mais um com o outro, aí foi que a gente chegou na conclusão de que era, que ele seria extraterrestre, que era da parte fora da terra. Ah

00:08:20 Entrevistador

Então vocês cogitaram ali e escreveram terrestre ali em alguma vez?

00:08:23 Aluna 1

Sim, cogitamos. Porque quando você vai lendo, a gente pegou uns e foi um deles bem convincente, né, parecia, porque na teoria deles era vinha da terra, aí a gente leu e falou assim, poxa, mas isso aqui tá bem, né, bem explicativo, e agora? Aí a gente leu tudo de novo, a gente conversou, reformulou e viu que era extraterrestre.

00:08:40 Entrevistador

E como que foi essa comparativa assim?

00:08:43 Aluna 1

A gente, tipo assim, a gente assimilava uns que pareciam mais iguais, vamos dizer assim. Tinha o da Torre Eiffel, ele, tanto quanto ele falava que era da terra, mas na teoria dele ele fazendo o exercício, não era da terra. Aí a gente comparava com outros que tinham praticamente a mesma indicação e via qual que era mais justificado, mais viável, a gente via certinho, aí eu perguntava pra ele, o que você acha desse, ele falava, eu acho tal coisa, eu concordava com ele, e ele a mesma coisa comigo, aí a gente foi discutindo e entrou num acordo que era o extraterrestre.

00:09:15 Entrevistador

Que legal, tá bem legal.

00:09:19 Entrevistador

E aí você já tinha feito alguma atividade desse tipo? De estar lendo, ali, você tinha que ler uma informação e tentar encontrar a conclusão?

00:09:27 Aluna 1

Sim, foi a do Masterclass.

00:09:28 Entrevistador

A do Master Class? Foi assim?

00:09:30 Aluna 1

Foi.

00:09:31 Entrevistador

Ah, tá. Legal. E aqui na escola normalmente não muito, né?

00:09:34 Aluna 1

Não, na escola também. Em relação a física mesmo assim, de comparação, de comparativos, tem na aula do Carlos, né, quando ele faz o que ele passa de lição, o que ele passa as lições pra gente fazer, e tem isso aqui.

00:09:46 Entrevistador

Ah, é? Ah, tá. É, beleza. E agora a gente vai imaginar coisa. Imagina coisa. Imagina que um amigo seu, ele se deparou com a seguinte notícia. Cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Neutrino, rapaz. Aí ele começa a ler, tal, aí ele tá lendo, aí ele chega num ponto que tá assim. Só que tem um ponto. Descobriram o neutrino, mas não dá pra enxergar com os olhos.

00:10:20 Entrevistador

Aí fica, caramba, como pode isso? Como pode? Eles falaram que tem essa partícula, mas não dá pra enxergar? Aí vai e chega lá. [Aluna 1] ! [Aluna 1], né?

00:10:33 Aluna 1

É, [Aluna 1] (risada).

00:10:34 Entrevistador

[Aluna 1], você que foi no Masterclass, tal, engajada, será que você consegue, assim, pensar comigo aqui, como que pode os cientistas afirmarem algo disso? O que você diria pra eles?

00:10:48 Aluna 1

Ah, eu diria que eles estudam, né? Eles se preparam pra isso, eles têm a própria tecnologia, que nem o LHC. Eles são literalmente já formados pra isso, pra estudar os novos átomos, as novas fórmulas, tudo. Então, eles estudam bastante e têm a própria tecnologia que vai ajudar nisso, porque, tipo, se você não consegue ver, como que você vai falar que tá ali?

00:11:10 Aluna 1

Como que você vai me provar que tá ali? Então, é pra isso. Eles estudam, eles provam que são ali, eles provam o que faz aquilo, como acontece, é, com ajuda muito da tecnologia. Por exemplo, a do LHC. Perfeita. É incrível. O que eles conseguem fazer, o que eles conseguem descobrir com isso.

00:11:29 Entrevistador

E aí, na tecnologia é um pouco, quase como um microscópio, assim, que você olha?

00:11:33 Aluna 1

Sim, é como se fosse um microscópio ultra-avançado, vamos dizer assim, que você consegue ver, não ver, mas perceber coisas que você não consegue ver a olho nu.

00:11:44 Entrevistador

Mas aí, então, ver, ver não dá, né?

00:11:46 Aluna 1



Ver a olho nu, não, mas estudar eles na tecnologia, algumas coisas aí, sim, a gente consegue perceber eles.

00:11:52 Entrevistador

Saquei. E aí, esse teu amigo, ele tá engajado nas imaginações. Aí ele vai, entra aqui e tal, e aí ele olha pra mesa, aí ele fala, a mesa existe. Aí você fala, é claro, né? Mas ele fala, a mesa existe porque eu consigo tocar nela, tal, eu olho pra ela, eu vejo ela. Mas quando a gente tá estudando essas coisas de raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que tão bem fora da nossa percepção, né? Eu não consigo olhar aqui pra cima e ver o raio cósmico, não consigo estender minha mão e sentir ele...

00:12:28 Aluna 1

é, você não consegue ver o ar e a volta.

00:12:31 Entrevistador

O ar também não, né?

00:12:33 Aluna 1

É.

00:12:35 Entrevistador

Mas aí, na sua opinião, você acha que existe mesmo essas coisas aí de raios cósmicos?

00:12:41 Aluna 1

Ah, eu acho que sim, porque a ciência, ela explica basicamente tudo. É uma coisa que vocês, todos eles, conseguem provar pra você. Como o Carlos disse, se eu pegar essa mesa e eu for quebrando em pedacinhos e pedacinhos toda vez, toda vez, toda vez, vai chegar uma hora que eu não vou conseguir quebrar mais ela, não vou conseguir mais ver ela, sentir ela. Mas aí eu tenho o auxílio de outra coisa que pode me mostrar ela, pode mostrar um átomo dela, vamos dizer assim. Entendeu? Eu acho que existe sim, assim você pode pegar muita coisa.

00:13:07 Entrevistador

Então você acha que nesse momento tá caindo um raio cósmico em você?

00:13:10 Aluna 1

Ah, quem pode dizer que sim, né? Quem pode dizer que não? (risada). Se eu for lá fora, quem me garante que não vai cair em mim? Ele vai se dissolver em outras partes. Se dissolver entre aspas, né?

00:13:22 Entrevistador

Quem pode, né?

00:13:23 Aluna 1

(risada) Mas eu acredito que sim.

00:13:26 Entrevistador

Legal. Algum comentário final aí, gostaria de falar alguma coisa?

00:13:30 Aluna 1

Foi muito maravilhoso e se pudesse mil vezes iria em outras coisas da física também, que é muito legal. Muito bem. Muito obrigada, né, por explicar e mostrar coisas novas pra gente.

00:13:41 Entrevistador

Ah, não é que isso, muito obrigado.

## Entrevista – Aluna 2

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluna 2

Idade: 18

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( X ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Faço um curso de inglês

## Entrevista – Aluna 2

00:00:00 Entrevistador

Olá, boa tarde, tudo bem? Como é seu nome?

00:00:04 Aluna 2

Tudo. [Aluna 2].

00:00:05 Entrevistador

[Aluna 2]. Se apresente, [Aluna 2], por favor. "Eu sou [Aluna 2], tenho X anos."

00:00:11 Aluna 2

Tá, meu nome é [Aluna 2], eu tenho 18 anos, eu estudei aqui na escola Simon Bolívar, com terceiro ano.

00:00:20 Entrevistador

E é isso, né? E tá muito bom. E aí, você estudou aqui faz muito tempo já, ou não?

00:00:27 Aluna 2

Sim, eu entrei aqui no sexto ano.

00:00:29 Entrevistador

Ah, caramba. E aí, antes você estudava no...?

00:00:34 Aluna 2

Estudava no Átila.

00:00:35 Entrevistador

Ah, tá. Então, legal. E o Carlos, esse professor, faz quanto tempo?

00:00:40 Aluna 2

Acho que desde o primeiro ano, mesmo, no ensino médio, que eu comecei a ter aula com ele.

00:00:47 Entrevistador

Só física ou...?

00:00:48 Aluna 2

Não, física e matemática.

00:00:50 Entrevistador

Ah, tá, legal. E aí, você percebeu muita diferença entre ter aula com o Carlos no ensino médio e o professor do ensino fundamental de ciências ou de matemática?

00:01:01 Aluna 2

Sim, porque, sinceramente, essa é a minha opinião, o Carlos foi o melhor professor que eu já tive, tanto na matéria de matemática e física como nas outras também.

00:01:10 Entrevistador

Ah, é?

00:01:11 Aluna 2

Sim, porque ele dá aula muito bem, a comunicação que ele tem com os alunos também é muito boa. Eu até hoje não entendo o que o professor Carlos tá fazendo aqui, porque ele é muito inteligente. Então, tudo bem que ele já explicou o motivo e tudo mais, só que... quando você vê que a pessoa tem um potencial muito grande, fica muito difícil você entender porque tá num lugar tão baixo.

00:01:31 Entrevistador  
Por que é um lugar tão baixo?

00:01:33 Aluna 2  
Ah, ele podia ter uma faculdade, né, dando uma aula, assim, um pouco mais complexa.

00:01:38 Entrevistador  
Mas ele gosta mais daqui, né?

00:01:40 Aluna 2  
Sim, ele falou que quer dar essa oportunidade para os alunos de ter um ensino de qualidade. E ele realmente foi pro

00:01:49 Entrevistador  
O Carlos é bem dedicado, né?

00:01:50 Aluna 2  
Sim.

00:01:51 Entrevistador  
Legal. E qual que é normalmente o tipo de atividade que vocês acabam fazendo ali com o Carlos?

00:01:58 Aluna 2  
Bom, nesses... Eu fiz dois projetos com ele, né, sendo esse e um outro também que eu participei do LHC. E pelo que eu saiba, só esses projetos mesmo, mas com a USP, né, que ele faz, relacionado mesmo à matéria.

00:02:14 Entrevistador  
O do LHC foi do Masterclass que você foi?

00:02:17 Aluna 2  
Não, foi um outro que teve online.

00:02:19 Entrevistador  
Ah, tá. Ah, lega, legal. E nas aulas regulares, assim, quando vocês vêm diariamente para a escola, vocês acabam fazendo ainda mais conta, mais o quê?

00:02:32 Aluna 2  
É, mais conta.

00:02:34 Entrevistador  
Mais conta, né?

00:02:35 Aluna 2

Sim, ele passa para a gente tudo bonito, explica, deixa com que os alunos façam as coisas também, vai auxiliando, ele auxilia bastante.

00:02:44 Entrevistador

Tem também experimento, assim, vocês chegam a fazer alguma coisa?

00:02:48 Aluna 2

Experimento não muito, acho que até mesmo as matérias que a gente está estudando agora não tem como estar fazendo muita coisa.

00:02:56 Entrevistador

Ah, tá. Ah, legal, legal. E como que você acabou topando, assim, participar dessa atividade extra-curricular?

00:03:01 Aluna 2

É que eu já gosto de física, né, eu não sou muito boa, matemática, né, só o básico ali. Física já é uma coisa que me interessa bastante, então quando ele falou da primeira eu já topei essa aqui também.

00:03:16 Entrevistador

Aham. Ah, aí ele te puxou ali no corredor e falou, ah, vai ter projeto, aí você falou, vou para toda a M.

00:03:21 Aluna 2

Sim.

00:03:22 Entrevistador

Ah, legal, legal. E agora a gente já está chegando na reta final, né, quase férias, praticamente férias já, né?

00:03:30 Aluna 2

Ah, tem muitos que já vão parar.

00:03:31 Entrevistador

É, então. Talvez hoje seja o último dia, não sei, terça-feira ele prometeu pizza, vamos cobrar ele.

00:03:38 Aluna 2

Felizmente terça-feira tem que vir ainda para defender o TCC, né, para ele.

00:03:43 Entrevistador

Ah, é?

00:03:44 Aluna 2

Sim.

00:03:45 Entrevistador

Ah, então vai ter que vir. Legal, show de bola. É... E aí o que você lembra desses dias que teve?

00:03:56 Aluna 2

O projeto?

00:03:57 Entrevistador

Aham, é, você acabou vivendo assim.

00:04:00 Aluna 2  
Como assim?

00:04:02 Entrevistador  
Ah, esses dias de aula e tal, ah, eu lembro que nesse dia teve uma atividade assim, meio que puxando da memória. Muitas vezes a gente não lembra de muita coisa.

00:04:13 Aluna 2  
É, minha memória é horrível

00:04:14 Entrevistador  
Não, tranquilo.

00:04:14 Aluna 2  
Tcho vê se eu lembro.

00:04:18 Entrevistador  
Vai lembrando da sala de informática, vocês chegando lá e tal.

00:04:23 Aluna 2  
Não, assim, a gente estudou, né, sobre o que eram os raios cósmicos, da onde que eles estavam vindo, achei interessante também os estudos e como eles foram realizados por cada cientista. As formas que eles pegaram para estar analisando os dados acho que é muito importante, né, e até mesmo assim na física, você tá pensando como que você vai conseguir os dados que você quer, como você vai colocar em prática. Então, saber como que foi feito os estudos realmente foi interessante.

00:04:53 Aluna 2  
Deixa eu ver... O estudo prático, né, que a gente fez, que foi lá da lâmpada.

00:04:59 Entrevistador  
Ahh... é verdade, tev sim.

00:05:01 Aluna 2  
Sim, deixa eu ver... Ah.

00:05:04 Entrevistador  
Show de bola, não, lembrou de muita coisa, falou que a memória era ruim.

00:05:10 Aluna 2  
É, a minha memória é horrível.

00:05:14 Entrevistador  
Então, nessa coisa que você tava até comentando, né, das explicações e tal, teve uma atividade que era com os cartões, né, você lembra?

00:05:21 Aluna 2  
Sim, eu faltei nesse dia.

00:05:22 Entrevistador

Você faltou?!

00:05:23 Aluna 2  
Faltei.

00:05:24 Entrevistador  
Ah, então você não fez essa?

00:05:25 Aluna 2  
Não.

00:05:26 Entrevistador  
Ah, que pena. Tudo bem. Mas aí você acabou fazendo a... Você viveu aquela da notícia, né, aí teve também essa da lâmpada, né, você lembra mais ou menos como que era? Como que foi a coisa? O que aconteceu?

00:05:41 Aluna 2  
O experimento?

00:05:42 Entrevistador  
É.

00:05:45 Aluna 2  
Sim, foi adicionado no recipiente, né, uma água tônica e nele foi colocado cloro e aí a gente ia ver como que ele reagia e pra isso a gente utilizou uma lanterna, né, com luz negra e você podia observar que a água ali normal, ela tava bem clarinha e conforme você ia pondo o cloro, ela mudava de cor, ia indo pra um tom mais roxo.

00:06:10 Entrevistador  
Ah, legal, legal. E aí nessa atividade dos cartões você chegou a conversar com algum colega, assim, o que aconteceu?

00:06:20 Aluna 2  
Sim, um amigo meu explicou mais ou menos, né, falou ah, teve uns cartões assim, aí você ia analisando e tudo mais, mas não foi nada muito... Só entendi mesmo quando o professor fez a explicação em sala de aula, que era o cartão contigo e tudo mais.

00:06:30 Entrevistador  
Ah, e o que você lembra assim dessa explicação? Você lembra de alguma coisa?

00:06:34 Aluna 2  
Bom...

00:06:35 Entrevistador  
É que é mais difícil, né, de lembrar assim, né?

00:06:39 Aluna 2  
Não, a minha memória ainda tá um pouquinho fresca. Então, cada um dos cartões tinha ali, acho que cada um falando sobre o que tinha feito, da onde acreditava que os raios estavam vindo. Um acreditava ali que tava vindo de fora e ele dava uns motivos explicando o porquê. E o outro tava falando que vinha de dentro, né, da terra, explicando o porquê também e você tinha que chegar ali num ponto e descobrir ou escolher uma delas.



00:07:07 Entrevistador

Aham. Ah, legal. E aí você acha hoje que é de dentro ou de fora?

00:07:12 Aluna 2

(risada) De fora.

00:07:14 Entrevistador

De fora?

00:07:15 Aluna 2

Sim.

00:07:16 Entrevistador

Desde o começo já imaginava que era de fora?

00:07:18 Aluna 2

Sim, porque no início mesmo o professor já tinha comentado com a gente, né, que tava vindo de fora.

00:07:22 Entrevistador

Aham. É, aí já tava meio dado, né?

00:07:26 Aluna 2

É, e também faz mais sentido, né, pensar assim. Sim, foi realizado o estudo, teve mais, como pode dizer, mais resultados nesse, então.

00:07:36 Entrevistador

Aham. Legal, legal. É, então vamos imaginar coisa, né, imagina que teve um amigo seu que se deparou com uma notícia, aí tinha a seguinte coisa na notícia, cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí ele começa a ler essa notícia e tal, aí chega um ponto que fala o seguinte, só que tem um ponto, a gente não consegue enxergar o neutrino. Aí ele volta pra você e fala, caramba, como que pode isso, né? Falaram que tem essa partícula neutrino, mas não dá pra enxergar, como que eles sabem que tem ela mesmo? Aí o que você responderia pra ele?

00:08:24 Aluna 2

Bom, hoje em dia nós sabemos que tem equipamento pra basicamente tudo, né? Qualquer coisa que você especula que tem ali, pra você conseguir enxergar, você vai ter que construir o equipamento. Então, acredito que se eles confirmaram isso, foi porque teve toda uma pesquisa por trás, algo pra se embasar e o equipamento necessário pra enxergar.

00:08:41 Entrevistador

Certo. E aí o equipamento seria meio que de ver, assim, tipo um microscópio, como que você vai ver, né?

00:08:51 Aluna 2

Eu acho que pra esse caso é um pouco mais difícil, né? Assim, microscópio pra você realmente ver. Se fosse, teria que ser um muito poderoso, eu acho que seria mais alguma coisa relacionada a ondas.

00:09:02 Entrevistador

Ah, saquei, saquei. Legal, legal, muito bem. E aí tem um outro amigo, que esse amigo, ele gosta mais de brisar, né? Ele tá ali, aí ele chega aqui, aí ele vê a mesa, aí ele fala, hum, tá aí, a mesa existe. Aí você fala, pô, óbvio, né? A mesa existe. Aí ele fala, não, mas a mesa existe porque eu

consigo tocar nela, tal, consigo enxergar ela. Mas quando a gente tá pensando sobre raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que estão mais fora da nossa percepção, né? Eu olho pra cima e não vejo esses raios caindo, eu estendo minha mão também no sinto. E aí, na sua opinião, assim, a forma como você enxerga o mundo, você acha que existem mesmo esses raios cósmicos?

00:09:49 Aluna 2

Sim.

00:09:50 Entrevistador

Sim? Você acha que nesse momento estão caindo raios em você?

00:09:54 Aluna 2

Sim. Tanto porque, como a gente falou, teve um estudo por trás disso. Então, eu acho que se teve algum ponto pra alguém chegar e analisar isso, eu queria saber também como que a pessoa imaginou que teria esses raios. Eu acho que teve alguma coisa ali que ele percebeu e acabou desenvolvendo.

00:10:17 Entrevistador

Legal, muito bem. [Telefone da sala começa a tocar] Esse é um problema que aconteceu antes e eu não sei solucionar esse problema. O telefone toca algumas vezes, tal. Mas enfim, vamos curtir aqui o som do telefone.

00:10:42 Pessoa externa

Parou?

00:10:43 Entrevistador

Parou agora, é.

00:10:44 Pessoa externa

Desculpa atrapalhar, só vou fechar um negocinho.

00:10:47 Entrevistador

Nada, tranquilo.

00:10:48 Entrevistador

Você quer deixar algum comentário final, alguma coisa assim?

00:10:52 Aluna 2

Ah, acho que sim. Eu só gostaria que tivesse sido um pouquinho mais específico. Eu acho que foi uma coisa bem superficial, né, tanto pelo tempo que a gente também teve, mas acho que se tivesse a oportunidade de tratar isso um pouco mais a fundo seria bem interessante.

00:11:09 Entrevistador

E mais a fundo, né?

00:11:10 Aluna 2

Sim.

00:11:11 Entrevistador

Show de bola. Muito bem, muito obrigado.

00:11:15 Aluna 2

Obrigada.

## Entrevista – Aluna 3

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluna 3

Idade: 15

Série: 9º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( X ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Não.

Contando comigo moro com 5 pessoas.

## Entrevista – Aluna 3

00:00:00 Entrevistador

Então, se apresente por favor.

00:00:02 Aluna 3

Meu nome é [Aluna 3], tenho 15 anos e estou no 9º ano.

00:00:07 Entrevistador

Aí... Você estuda aqui no Simon Bolívar há quanto tempo?

00:00:14 Aluna 3

Desde o 6º ano.

00:00:16 Entrevistador

Desde o 6º ano? Você sempre mora onde a Diadema?

00:00:20 Aluna 3

Sempre.

00:00:22 Entrevistador

E aí você não tem aula com o Carlos ainda, né?

00:00:25 Aluna 3

Não.

00:00:25 Entrevistador

Porque o Carlos só pega ensino médio.

00:00:26 Aluna 3

É, só ensino médio. Aí ano que vem eu vou ter.

00:00:28 Entrevistador

Tá. E quais são os tipos de atividades que você normalmente faz na aula de ciências?

00:00:35 Aluna 3

Maquete, essas coisas assim.

00:00:38 Entrevistador

Você chega a fazer conta ou não?

00:00:40 Aluna 3

Não, em ciências não.

00:00:42 Entrevistador

Ah, tá. Legal. E por que você topou participar desse projeto?

00:00:47 Aluna 3

Eu achei interessante a premissa, assim, conhecer uma coisa que eu ainda não vi algo novo, assim. E quis participar, achei interessante.

- 00:00:56 Entrevistador  
E tem o condicionante que o seu pai é o professor (risada).
- 00:00:58 Aluna 3  
(risada) É, eu ia de qualquer jeito pra lá.
- 00:01:01 Entrevistador  
Aí ele falou, você vai ter que ir mesmo assim.
- 00:01:04 Aluna 3  
É, ju o útil ao agradável.
- 00:01:06 Entrevistador  
Você ia ter que ficar esperando ele de qualquer forma aqui, né?
- 00:01:09 Aluna 3  
É.
- 00:01:10 Entrevistador  
Ah, tá. Ah, tá ok. E agora a gente já tá chegando... Ah, você já viu todas as aulas, né?
- 00:01:16 Aluna 3  
É.
- 00:01:17 Entrevistador  
Você é da turma de quinta e sexta ou da de segunda e terça?
- 00:01:20 Aluna 3  
Eu vinha todos os dias. (risada). Eu vim todas.
- 00:01:24 Entrevistador  
(risada) Então você gabaritou o curso. Então, o que você lembra aí das aulas que teve?
- 00:01:31 Aluna 3  
A memória não é muito boa, mas eu lembro do experimento, do cara que queria provar uma coisa e acabou negando aí mesmo a ideia dele. Eu não sei, extraterrestres da Terra... Essas coisas que ele falou sobre os raios cósmicos. A memória não é boa, mas se perguntar uma coisa específica eu lembro.
- 00:01:52 Entrevistador  
Tá. Teve aquela primeira atividade em dupla, né? Que foi dos cartões e tal. Lembra?
- 00:02:01 Aluna 3  
Essa eu não vim no dia. A primeira que eu tive foi a do gráfico.
- 00:02:06 Entrevistador  
Ah, tá. Você não fez nenhuma das atividades do cartão?
- 00:02:10 Aluna 3  
Não. Ah, tá.
- 00:02:12 Entrevistador

E como que foi a do gráfico?

00:02:14 Aluna 3

A do gráfico a gente tinha que montar um histograma. Ele deu diferentes valores pra cada dupla pra mostrar que apesar de você estar falando sobre os mesmos dados, como poderia diferenciar com diferentes números de colunas.

00:02:29 Entrevistador

Aham, Saquei. E aí, qual que é a... Por que ele apresentou isso? Você consegue imaginar? Por que ele quis ensinar histograma?

00:02:42 Aluna 3

Pra mostrar, eu acho, a diferença do histograma com o gráfico de colunas normal e por que ele é da realza, por que ele é mais utilizado pra esses cálculos com números exorbitantes.

00:02:53 Entrevistador

Aham, Saquei. E aí teve aquela primeira aula que teve meio que a notícia do avião, né? Essa daí cê veio?

00:03:02 Aluna 3

Sim, que levam a carga de radioatividade como se fosse um raio X no tórax. Aí o risco que os pilotos que estavam constantemente viajando sofriam.

00:03:12 Entrevistador

Ah, tá. Tá saquei. Nossa, você tem uma memória boa, poxa. E aí teve a aula 2 e 3 que você acabou faltando, né? Que foi a dos cartões.

00:03:21 Aluna 3

Foi.

00:03:23 Entrevistador

E aí teve a 4 e 5 que foi... Teve a câmara de nuvens. Você lembra mais ou menos como que era?

00:03:30 Aluna 3

Câmara de nuvens é pra... Você não via a partícula em si, você via o rastro que ela fazia. Com experimento. E aí ele mostrou dois vídeos. O de uma menina gringa e outro de uma faculdade no Rio de Janeiro. Eu não lembro, mas eu acho que era no Rio de Janeiro. Em que eles mostravam os rastros da... Pra ver com clareza os rastros dessas partículas passando. Aí ele fez a analogia com o rastro do avião no céu.

00:03:55 Entrevistador

E essas partículas eram o quê? Eram...

00:03:57 Aluna 3

Os raios cósmicos.

00:03:58 Entrevistador

Eram os raios cósmicos.

00:03:59 Aluna 3

Que vieram extraterra.

00:04:03 Entrevistador

E aí teve uma outra parte da aula, né? Que teve... Que aí ele primeiro comentou da câmara de nuvens, aí depois ele comentou da...

00:04:13 Aluna 3

O eletroscópio?

00:04:17 Entrevistador

O eletroscópio foi na 2 e 3.

00:04:18 Aluna 3

É.

00:04:19 Entrevistador

O... Você acabou faltando, né? Na verdade eu acho que você...

00:04:26 Aluna 3

Eu vim, eu só não vi na do cartão.

00:04:26 Entrevistador

Ah, você só não veio na do cartão. Você lembra qual que era a coisa do eletroscópio?

00:04:30 Aluna 3

Aham. Era as fitinhas de bronze. Não era bronze, era ouro eu acho. Elas se separavam e apesar de elas estarem seladas, elas perdiam a energia. Aí elas se juntavam de novo. Aí os cientistas queriam descobrir o porquê que isso acontecia apesar de estar selado.

00:04:52 Entrevistador

Aham. Olha só, a memória dessa menina é muito boa. E aí teve aquela... A atividade da água tônica também, né?

00:05:01 Aluna 3

É, porque ele fez a analogia com o... Cintilã? Cintilador! Que é... Não é um plástico, é muito mais que isso, mas é... A gente usou a água tônica como se fosse um cintilador pra gente poder ver o efeito acontecendo.

00:05:16 Entrevistador

(risada) Não tem nada aí que você não lembra! E você fala que a memória não é boa?

00:05:29 Entrevistador

É... Beleza. Ahm... Imagina que você se deparou com a seguinte notícia. Você se deparou não. Um amigo seu se deparou com a seguinte notícia. Ele tava lá, tava no Google e tal, aí ele viu lá. Cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí ele fala, pô, vou clicar aí pra ver o que acontece. Aí ele clica na notícia, ele começa a ler e tal. Aí ele lê uma parte assim. Embora os cientistas tenham descoberto essa partícula, eles não conseguem vê-la com os olhos.

00:06:07 Entrevistador

Aí ele fica tipo, caramba, né? Como que pode? Eles descobriram essa partícula, mas eles não conseguem ver. Como que eles descobriram ela, então? Aí ele chega pra você, [Aluna 3], me dá uma luz.

00:06:21 Aluna 3

Assim, não é nem tanto... Pode ser também por causa dos equipamentos, apesar de não ser visível a olho nu. Pode ser visto através de equipamentos profissionais, mas também pelos efeitos



que essa partícula pode causar. Mesmo a gente não sabendo que tá lá, ela tá fazendo alguma coisa. Então tem que ter alguma coisa lá, a gente pode não estar vendo, mas... Tá tendo um efeito, eu não to sabendo explicar. Mas eu acho que você tá entendendo, né? Tá causando algum sintoma, alguma coisa ali que tá mexendo. Aí eles estudaram, pesquisaram e com os equipamentos conseguiram chegar.

00:06:54 Entrevistador

Você tá sabendo explicar sim. Você explicou. Boa, boa, boa resposta. E aí, a gente já tá caminhando pro final. Se alguém te pergunta... Ah não, comecei a história errada. Vamos voltar pro amigo.

00:07:12 Entrevistador

Aí o amigo, ele começa a entrar em umas brisas meio estranhas, ele entra aqui nessa sala, ele olha pra mesa e fala... Pô, a mesa existe. Aí você fala... Existe, né? Ainda bem. Mas ele fala... Não, mas ela existe porque eu consigo ver ela, consigo tocar nela e tudo mais. Só que quando a gente começa a estudar essas coisas de raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que estão bem fora da nossa percepção, né? Tipo, eu olho pra cima e não vejo essas partículas, eu estendo minha mão e não consigo senti-las. Aí ele te pergunta assim... [Aluna 3], fora da sala de aula, sem o Carlos tá te vigiando, você acha mesmo que existem esses raios cósmicos?

00:07:55 Aluna 3

Sim, uma boa comparação seria o oxigênio. A gente não vê ele, mas a gente usa ele, precisa dele pra viver, né? Mas a gente não vê ele constantemente, o vento também. Apesar da gente não sentir ele, ele tá lá. Entendeu? É isso.

00:08:11 Entrevistador

Então você acredita. Legal. Quer deixar algum comentário final aí?

00:08:16 Aluna 3

Achei bastante legal essas aulas que tiveram e também achei bastante dinâmica e... Que não teve só a parte teórica, teve também a prática pra comprovar o ponto. Achei legal. Legal.

00:08:31 Entrevistador

Aí, viu? Foi super bem.

## Entrevista – Aluno 1

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 1

Idade: 16

Série: 2º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( X ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Recepção

## Entrevista – Aluno 1

00:00:03 Entrevistador

Bom dia.

00:00:04 Aluno 1

Bom dia.

00:00:05 Entrevistador

Se apresentei ai novamente ai, você já tinha comentado sobre você.

00:00:08 Aluno 1

Sim, me chamo Ia Francisco. Tenho 16 anos de idade.

00:00:12 Entrevistador

Aí, show de bola. Então, a gente está aqui no Simon Bolívar. Você estuda aqui faz quanto tempo?

00:00:20 Aluno 1

Ixi, peraí, acho que 7 anos.

00:00:22 Entrevistador

7 anos? Caramba.

00:00:26 Aluno 1

Não, tem 6, são 6. Ano que vem vai fazer 7.

00:00:30 Entrevistador

Você entrou no 6<sup>o</sup> ano? Dahora. E o Carlos, você tem aula faz quanto tempo?

00:00:34 Aluno 1

Desde o ano passado.

00:00:37 Entrevistador

Desde o ano passado?

00:00:38 Aluno 1

É, só que a gente não teve muito, foi pelo onli... pelo remoto, por causa da pandemia.

00:00:42 Entrevistador

Ah, é verdade, os dois anos que você pegou foi remoto com ele, né?

00:00:44 Aluno 1

Sim.

00:00:46 Entrevistador

E ele dava só física, né, para você?

00:00:48 Aluno 1

E matemática.

00:00:49 Entrevistador  
E matemática

00:00:50 Aluno 1  
Sim, as duas matérias.

00:00:52 Entrevistador  
Você já tinha... No ensino fundamental, você tinha mais aula de ciências, né?

00:00:57 Aluno 1  
Sim.

00:00:59 Entrevistador  
E você lembra, assim, de alguma... Uma diferença que teve muito grande entre o seu professor de ciências e o Carlos?

00:01:04 Aluno 1  
Não, até que não. Os professores de ciências, eles explicavam bem. O Carlos também, ele explica bem.

00:01:10 Entrevistador  
Ah, tá. Dahora

00:01:12 Entrevistador  
E quando você está na... Você teve o ensino remoto, né? Qual que era o tipo de atividade que vocês faziam? Era o que mais...? Tarefinha, e tal?

00:01:22 Aluno 1  
Eles postavam atividades no aplicativo para a gente entregar para eles, de acordo com o tema da aula online.

00:01:29 Entrevistador  
E era o que? Era mais conta? Como que era?

00:01:32 Aluno 1  
Sim, a gente aprendia umas contas bhaskaras, essas contas, assim.

00:01:36 Entrevistador  
E de física, teve um... Meio que mecânica, tal?

00:01:40 Aluno 1  
Sim, essas duas.

00:01:42 Entrevistador  
Beleza, legal. E aí, como que foi que você meteu o seu pé nessa coisa aqui do projeto? Você estava ali de boa, tava moscando...

00:01:50 Aluno 1  
Eu não lembro qual era a aula. Eu estava indo para o banheiro. O Carlos estava no primeiro A. Eu passei por ele e ele me chamou. Ele perguntou se eu tinha um tempo livre na semana.

00:01:58 Entrevistador

Rapaz, que perigo

00:02:00 Aluno 1  
Eu disse que tinha.

00:02:01 Entrevistador  
(risadas) Tá moscando aí, de semana, tal.

00:02:04 Aluno 1  
Eu disse que só não tinha tempo na segunda e na quarta que eu fazia curso.

00:02:08 Aluno 1  
Ele me chamou para fazer quinta e sexta a tarde

00:02:10 Entrevistador  
Quinta e sexta, então você foi raptado para cá.

00:02:12 Aluno 1  
Sim (risada)

00:02:14 Entrevistador  
E aí, agora a gente está chegando na reta final, e tal, último dia hoje, está chegando as férias.

00:02:20 Aluno 1  
É...

00:02:22 Entrevistador  
E aí, o que desses dias aí você. marcou você, que você se lembra assim, ah, aconteceu isso.

00:02:28 Aluno 1  
O que, no projeto?

00:02:29 Entrevistador  
É

00:02:30 Aluno 1  
Ah, foi legal, deu para aprender bastante coisa. Interessante. Sobre raios cósmicos. Aprendi bastante. Eu nunca tinha estudado sobre esse assunto.

00:02:41 Aluno 1  
Foi a primeira vez que eu estudei sobre esse assunto. Eu nunca tinha ouvido falar.

00:02:44 Entrevistador  
Aham. E aí, tem alguma coisa assim que você se lembra? Tipo, ahh... primeiro dia..

00:02:50 Aluno 1  
Sobre os raios cósmicos?

00:02:52 Entrevistador  
É sobre as aulas, assim, em geral.

00:02:54 Aluno 1

Aprendi raios comi... cósmicos, são radiação de energias vindas do espaço, que atingem a Terra, formadas por átomos e núcleos, e essas coisas assim.

00:03:05 Entrevistador

Dahora. E aí teve aquele primeiro dia que teve a... A notícia lá, né, teve aquela atividade dos cartões. Você chegou a faltar em algum dia?

00:03:16 Aluno 1

Não, não faltei não. Mas os cartões, acho que foi no segundo, não foi no primeiro dia não, se não me engano. Não lembro quando foi.

00:03:23 Entrevistador

É, foi no terceiro dia eu acho, sei lá.

00:03:25 Aluno 1

Eu lembro

00:03:27 Entrevistador

A memória começa a falhar, né?

00:03:29 Aluno 1

É, foi em dupla.

00:03:30 Entrevistador

Ah, e como que foi a sua dupla? Você acha que rodou legal ali, a interação?

00:03:36 Aluno 1

Sim, a gente interpretou bem os textos.

00:03:37 Entrevistador

Ah é?

00:03:38 Aluno 1

É que a gente, é que tinha cartão que servia tanto pra um, tanto pra outro. A gente ficava em dúvida, em qual colocar.

00:03:46 Entrevistador

E você acha que em dupla então funcionou bem?

00:03:49 Aluno 1

Funcionou bem.

00:03:52 Entrevistador

E aí, suponha que teve uma outra pessoa aí, assim como você tava, tava caminhando e tal, o Carlos chamou ele, só que ele não quis entrar no projeto, falou, não, vou ficar de fora, não quero, quinta e sexta...

00:04:08 Entrevistador

Aí tem essa pessoa. Só que aí ele ficou sabendo dessa atividade aí dos cartões. E aí ele ficou, cara, o que será que rolou ali naquela atividade? Qual que era a ideia da coisa?

00:04:18 Entrevistador

Aí chega em você e diz [Aluno 1], tenho um desafio pra você. Me conta aí o que aconteceu nessa atividade dos cartões. O que você responderia pra ele?

00:04:26 Aluno 1

Eu ia falar que deram três fichas e sete cartões. Aí tinha que descrever se vinha da Terra ou do espaço extraterrestre. Aí tinha que interpretar os textos e dar uma opinião em uma outra ficha.

00:04:43 Entrevistador

Aham. Da hora.

00:04:44 Aluno 1

É.

00:04:44 Entrevistador

Não, legal, legal.

00:04:48 Entrevistador

E aí daqueles cartões lá, você falou, ah, tinha uns que eram meio difíceis de interpretar, tal. Tem algum que você lembra assim, que, pô, ficou na minha memória?

00:04:57 Aluno 1

É que é que tinha um, é, falava, é, falava, tinha dois parágrafos, um falava da Terra e o outro de espaço. Aí eu ficava em dúvida pra colocar.

00:05:06 Entrevistador

Você lembra a imagem desse cartão?

00:05:06 Aluno 1

Não, não.

00:05:08 Entrevistador

Não lembro a imagem da Terra.

00:05:09 Aluno 1

Acho que é de Urano, acho que perguntava se viria de Urano, não lembro direito.

00:05:13 Entrevistador

Aham... Não, da hora. E aí, teve algum cartão que você achou mais complicado? Acho que foi esse aí, né?

00:05:19 Aluno 1

Sim. Foi esse.

00:05:21 Entrevistador

Tava meio...

00:05:22 Aluno 1

E o sétimo cartão também foi complicado. Aquilo não lembro bem o que era, mas esse tava complicado. Se eu não me engano, eu coloquei pros dois, se eu não me engano. Eu e minha dupla.

00:05:31 Entrevistador

Aham... Não, da hora. E aí você lembra qual foi a conclusão que você chegou, né? Você falou que vinha Terrestre ou do espaço. Qual que vocês colocaram?

00:05:43 Aluno 1

Ah, a gente falou que vinham de ambos, podiam vir tanto do espaço quanto da Terra.

00:05:49 Entrevistador

Aham.

00:05:50 Aluno 1

De ambos.

00:05:51 Entrevistador

Ah, da hora. Legal. E aí você já tinha feito alguma atividade nesse estilo?

00:05:59 Aluno 1

Não, foi a primeira vez na minha vida.

00:06:00 Entrevistador

Lê esses cartões, e tentar identificar...

00:06:04 Aluno 1

Primeira vez na minha vida. Foi uma experiência nova.

00:06:06 Entrevistador

Ah, tá legal. E aí, beleza, né? E aí você, como você é muito popular aqui na escola, você teve esse primeiro amigo, aí tem o outro amigo. Aí tem o outro amigo que vai chegar aí em você e vai ter historinha. E aí imagina que você tá caminhando ali e tal, não é nem segunda nem quarta, porque segunda e quarta você não tá aqui. É numa terça.

00:06:32 Entrevistador

Aí esse amigo se deparou com uma notícia. Cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Ai ele, caramba, neutrino agora. Aí ele ficou curioso, né? Porque na notícia falava que não dá pra enxergar esse neutrino. Os cientistas descobriram, mas não dá pra enxergar ela.

00:06:51 Entrevistador

Ele vai e fala Pô, você estudou raios cósmicos e sei lá, tá manjando do assunto. Aí a gente pergunta, como será que os cientistas descobriram isso? O que será que eles fizeram? Isso não dá pra enxergar.

00:07:02 Aluno 1

No meu ponto de vista, pelo que eu entendi, não dá pra enxergar a olho nu. Mas cientistas, eles possuem equipamentos especiais que podem ver melhor.

00:07:11 Entrevistador

E aí como que é esse ver melhor aí?

00:07:14 Aluno 1

Os equipamentos, eles facilitam pra ver as coisas, tipo telescópio, entre outros equipamentos que eles possuem.

00:07:22 Entrevistador



E aí tipo, se eu olhar no telescópio, será que...

00:07:24 Aluno 1

É, e outros equipamentos. É que possuem vários. E aí nos estudos.

00:07:30 Entrevistador

Da hora.

00:07:38 Entrevistador

E aí, esse seu amigo então ele... Então tem esses outros equipamentos. Não tá, mas beleza. Mas aí a gente olha aqui nessa sala, tem essa mesa aqui, olha pra essa mesa, e fala, pô, essa mesa existe, né?

00:07:57 Aluno 1

Sim, existe.

00:07:58 Entrevistador

E existe por quê? Porque eu tô vendo ela, toco nela, tal, tô sentindo a mesa.

00:08:04 Entrevistador

Mas e quando a gente tá estudando essas coisas aí do raios cósmicos, é uma coisa que foge da nossa percepção, né?

00:08:10 Entrevistador

Não consigo ver como os olhos, não consigo tocar, ai fica caindo aqui, não sinto nada. Você acha mesmo que estão caindo raios cósmicos em você nesse momento?

00:08:21 Aluno 1

Ah, eu acredito que não.

00:08:24 Entrevistador

Você acha que não?

00:08:24 Aluno 1

Não.

00:08:26 Entrevistador

Por quê?

00:08:26 Aluno 1

Não, acho que assim, raios cósmicos, eles vêm do espaço, mas eles atingem a Terra.

00:08:30 Entrevistador

Aham.

00:08:32 Aluno 1

No primeiro dia de aula, acho que o Carlos falou isso no primeiro dia, que eles atingem a Terra, então eu acredito que sim.

00:08:38 Entrevistador

Então não, ou sim?

00:08:40 Aluno 1

É sim, é que no primeiro dia... É que eu não lembro bem o primeiro dia, ele falou sobre isso no primeiro dia, que a minha memória é fraca.

00:08:49 Entrevistador  
Não, tranquilo. É mais aqui a sua opinião.

00:08:51 Aluno 1  
Eu lembro que ele falou que, que eles vêm do espaço, mas eles atingem a Terra. Então eu acredito que sim.

00:08:58 Entrevistador  
Humm... Da hora, da hora. Não, não, bem legal. E o curso lá que você comentou que você fazia, você fazia o quê?

00:09:06 Aluno 1  
Recepção.

00:09:06 Entrevistador  
Ah, que da hora, mano. Parabéns.

00:09:10 Entrevistador  
Bom, era isso, meu jovem, você quer comentar alguma coisa aí, alguma impressão em geral?

00:09:16 Aluno 1  
Foi bom o projeto, deu pra entender melhor. É, ter mais conhecimento.

00:09:21 Entrevistador  
Legal. Foi muito importante a sua participação, pra gente entender aí o que a gente tá fazendo de certo e de errado. Então, muito obrigado aí, meu Jovem. Valeu.

## Entrevista – Aluno 2

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 2

Idade: 17

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( X ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

No momento estou desocupado, mas sempre tendo me manter trabalhando ou fazendo

algum curso. Contando comigo na minha casa moram 4 pessoas.

## Entrevista – Aluno 2

00:00:00 Entrevistador

Então, pra começar, se apresente, por favor.

00:00:03 Aluno 2

Meu nome é [Estudante 2], tenho 17 anos. E estou estudando aqui desde o começo, desde o sexto ano.

00:00:14 Entrevistador

Sexto ano... tá. Sempre morou aqui em Diadema?

00:00:21 Aluno 2

Sempre.

00:00:24 Entrevistador

E o Carlos te dá aula há quanto tempo já?

00:00:26 Aluno 2

O Carlos me dá aula... Eu acho que, pelo menos, uns 5 anos já.

00:00:33 Entrevistador

5 anos?

00:00:34 Aluno 2

5, 4 anos.

00:00:37 Entrevistador

Ele começou a te dar aula no...?

00:00:39 Aluno 2

Se não me engano, foi no nono. No oitavo.

00:00:43 Entrevistador

No oitavo?

00:00:44 Aluno 2

É que eu não tenho certeza, em qual ano foi.

00:00:46 Entrevistador

Ele dava aula do quê?

00:00:48 Aluno 2

Ele sempre deu aula de matemática. Aí... Depois, quando entrou o primeiro, aí ele começou a dar física e matemática.

00:00:57 Entrevistador

Ah, tá. Saquei. Da hora. E tu percebe... Alguém te dava ciências, né, antes? No oitavo, nono?

00:01:06 Aluno 2

Dava. Quando a gente entrou, eu estava no sexto ano, até o sétimo, foi com a professora, que eu não lembro o nome dela. Aí eu esqueci o nome dela. E depois eu não lembro mais qual foi o

professor.

00:01:20 Entrevistador

E tu percebe alguma diferença, assim, entre o Carlos dando física e esse professor que dava ciências?

00:01:25 Aluno 2

Eu lembrei do nome do professor. Tem um professor, depois do sétimo ano, foi o [Fulano]. Ele foi muito bom. Ele... Dá pra você ver uma diferença na matéria, mas era... Ambos eram...

00:01:37 Entrevistador

Ambos são bons.

00:01:38 Aluno 2

Sim.

00:01:39 Entrevistador

Ah, da hora. E... Quais que eram os tipos de... Quais são os tipos de atividade que você faz normalmente com o Carlos?

00:01:48 Aluno 2

Com o Carlos... Normalmente... Ele passa... Ele passa muito... Ele pega um tema, normalmente, e passa por um bom período, até a gente entender bem qual... Sobre o que se trata e como fazer.

00:02:13 Entrevistador

E aí, tipo, normalmente vocês fazem o quê? Um experimento, ou mais conta?

00:02:19 Aluno 2

Normalmente são mais contas. Por conta da... Por conta da escola também, que não dá... Não dá muita abertura, mas ele sempre mostra... Os experimentos, normalmente, que passam, o que ele poderia passar, mostra bastante coisa.

00:02:33 Entrevistador

Ah, da hora.

00:02:36 Entrevistador

E por que você topou participar desse projeto, extra-curricular?

00:02:41 Aluno 2

Porque ele... Querendo ou não é um... É mais uma área que a gente aprende, um ambiente de conhecimento, né? É um área mais de conhecimento que a gente adquire. E eu acho que sempre é bom aprender, né?

00:02:53 Entrevistador

Ah, você tava ali, tava...

00:02:54 Aluno 2

É, e eu gosto de matemática, física, então... Juntou o útil ao agradável.

00:02:58 Entrevistador

Então, bora ver, né? Bora ver o que acontece. E agora a gente já tá chegando na oitava aula? Oitava. O último dia, já. E aí, o que você se lembra aí, que aconteceu nesses oito dias? Vêm sua

memória...

00:03:12 Aluno 2

Eu lembro bastante... Bastante falando sobre radiação, né? Radiação. Com várias formas de identificar, perceber de onde ela vem... Essa parte.

00:03:27 Entrevistador

Da hora, da hora. Tá... Tá lembrando bem. É... E aí... Não sei se você veio, mas teve uma primeira atividade que foi em dupla. Você lembra dela?

00:03:39 Aluno 2

Lembro.

00:03:40 Entrevistador

A dos cartões.

00:03:42 Aluno 2

Isso. Aí foram, acho que seis cartões, né? Foi seis...

00:03:45 Entrevistador

Sete.

00:03:46 Aluno 2

Sete pesquisas, isso.

00:03:47 Entrevistador

Aham.

00:03:49 Aluno 2

Aí tinha que pegar uma como... Como principal, né? Que a gente achou mais válida. E usar. Teve... Tiveram as outras, né?

00:03:58 Entrevistador

Ah... Essa atividade foi em dupla, né?

00:04:01 Aluno 2

É.

00:04:02 Entrevistador

Você acha que funcionou bem em dupla?

00:04:03 Aluno 2

Funcionou porque... É bom que você teve dois pontos de vista, né? Não só o seu. Porque aí eu tinha um ponto de vista sobre o meu.

00:04:11 Entrevistador

Aham.

00:04:12 Aluno 2

Aí eu falo, não, mas essa... Tá diferente. Mostrou os pontos dele. E assim você consegue ter uma maior conclusão.

00:04:20 Entrevistador

Aham. Da hora... Legal. E aí, suponha que alguém ficou sabendo, né? Que teve essa atividade. Aí te perguntou assim, ah... Como que era essa atividade, né? O que vocês tinham que fazer? O que você responderia com essa questão?

00:04:36 Aluno 2

Ah... Se for... Uma resposta rápida. Responderia que era... Basicamente você... Entender o que se trata. E concluir se... Se a pesquisa... Tava certa até certo ponto ou não. De... De qual ponto de vista a pessoa via. Se ela era extraterrestre ou terrestre.

00:05:02 Entrevistador

Ah, saquei.

00:05:03 Entrevistador

Tem um pessoal aí te chamando.

00:05:10 Aluno 2

Peraí que eu já...

00:05:11 Entrevistador

Aham. Não, vai lá trocar ideia com eles.

00:05:18 Aluno 2

Foi mal.

00:05:29 Aluno 2

Desculpa

00:05:40 Entrevistador

Não, relaxa. Aí, tipo...Aí você finalizou falando que tinha um terrestre e essa terrestre, né?

00:05:46 Aluno 2

Isso.

00:05:47 Entrevistador

Ah, tá.

00:05:48 Aluno 2

Na verdade... Isso.. É isso mesmo.

00:05:51 Entrevistador

É isso?

00:05:52 Aluno 2

É.

00:05:53 Entrevistador

Ah, tá. E aí, teve algum dos cartões que você achou que foi mais difícil, assim? Mais complicado de entender?

00:06:01 Aluno 2

Teve um... Que eu... Que me confundi um pouco. Tiveram dois. E um deles me confundiu um pouco e me deixou meio em dúvida. Que foi, se não me engano, foi o que ele subia na torre Eiffel com... Um aparelho de radiação. E... Até tal ponto, até tal altura, ele não conseguia... A

radiação não subia. Não subia tanto, ela abaixava.

00:06:30 Aluno 2

E o outro, o outro cartão aí, mostrava que depois de... Depois dessa altura, que o outro experimento fez, ele subia... Que a radiação começava a subir mais do que normal. Ela começava a subir ao invés de abaixar. Então, isso me confundiu um pouco.

00:06:46 Entrevistador

Ahhh... E aí, no fim, você acabou concluindo o quê?

00:06:51 Aluno 2

Que o que foi mais longe... É... Tinha mais... Mais razão. Porque ambos mostravam a mesma coisa. Que até tal altura, abaixavam. Até a mesma altura, quase. Eles abaixavam. Eram os mesmos gráficos. E depois, que essa altura passava, ele começava a subir de novo. Então, aí eu percebi que ela tinha um meio termo.

00:07:14 Entrevistador

Aham. Saquei, saquei. Aí você acabou concluindo, então, que os raios cósmicos, eles eram de onde?

00:07:21 Aluno 2

Eles eram extraterrestres.

00:07:22 Entrevistador

Extraterrestres. Ah, tá. Então, teve algum momento que você achou que era terrestre, assim? Que você pensou, putz, se pá que é terrestre.

00:07:29 Aluno 2

Teve. Pela... Pelo cartão da água, que ele colocava na água, e aí ele aumentava a radiação. E pelo da Torre Eiffel que ele foi subindo e... E foi enfraquecendo a radiação. Então, dava para entender que era do Sol.

00:07:44 Entrevistador

Aham. Saquei, saquei. Bom, bom, bom, bom.

00:07:51 Entrevistador

É... Se já tinha feito alguma atividade desse tipo, que era no sentido de você ler alguma coisa, aí você tem que chegar numa conclusão científica. Você lembra

00:08:00 Aluno 2

Não me lembro não. Tiveram coisas parecidas, mas não...

00:08:05 Entrevistador

Aham. Mas não exatamente iguais.

00:08:07 Aluno 2

Não exatamente ou tão parecidas assim.

00:08:10 Entrevistador

Aham. Parecidos, você lembra mais ou menos como era?

00:08:15 Aluno 2



É... Ah, não me lembro direito, mas... Foram coisas assim que tiveram esse sentido, de você... Você ver e ter uma... Ter uma... Pela sua opinião, ter uma... Uma conclusão.

00:08:29 Entrevistador

Uma conclusão. Ah, saquei. E aí, estamos chegando no final já.

00:08:37 Entrevistador

Imagina que um amigo seu, ele tava olhando a internet e tal, tava lá no Google, aí ele viu uma notícia assim... Aí viu um link lá, o título, que era o seguinte: Cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí ele vê aquilo, ele fica meio curioso, aí ele clica pra lê. Aí ele começa a ler e tal, vai lendo. Aí chega uma parte que diz o seguinte: cientistas descobriram essa nova partícula chamada neutrino, entretanto, eles não conseguem ver elas com os olhos.

00:09:14 Entrevistador

Aí ele fica tipo, caramba, como pode isso? Eles falam que tem essa partícula, mas não dá pra ver elas. Como que eles sabem que ela tá ali? Aí ele pergunta pra você, como que eles sabem? O que você responderia assim?

00:09:26 Aluno 2

Responderia que tem várias coisas que a gente não consegue ver, como a energia também é um... Assim, a olho nú você não consegue enxergar. Então, tudo é questão de experimentos. Eles vão a fundo fazendo experimentos até conseguirem enxergar. Eles sabem, de alguma forma eles descobrem que existe. Aí eles vão pesquisando a fundo com aparelhos certos, com formas de pesquisas certas. E acabam que eles conseguem enxergar essa... Essa outra tipo de...

00:09:58 Entrevistador

E como seria mais ou menos esses aparelhos assim?

00:10:02 Aluno 2

Ah, como... Tem várias formas, como que nem o experimento que foi mostrado, que nem o da água. Que botando a luz na água, tem o negócio da água que você está filmando, que dá pra ver de acordo com o contato com a luz. A luz ultravioleta. Aí, mais ou menos dessa forma.

00:10:26 Aluno 2

Que nem o acelerador de partículas, se não me engano, ele tem que jogar uma folha de... Uma folha de... Folha de... Acho que é ouro, se não me engano. Joga e você consegue enxergar ele passando. Os olhos de... Os raios passando.

00:10:40 Entrevistador

O acelerador de partículas você estudou em algum outro lugar?

00:10:43 Aluno 2

Estudei, eu fui na... Eu fui na USP.

00:10:47 Entrevistador

No Masterclass?

00:10:48 Aluno 2

Isso.

00:10:49 Entrevistador

Ah, tá. Legal. E aí, pra fechar, esse seu amigo, ele entra numa brisa meio estranha. Ele chega aqui na sala, ele olha a mesa, aí ele fala pra você, pô, a mesa existe. Aí você fala, é óbvio, né? Aí

ele fala, não, mas a mesa existe porque eu consigo ver ela, eu toco nela, tal. Aí, beleza. Aí ele fala assim, né? Ele fala que quando a gente começa a estudar raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que estão bem fora da nossa percepção.

00:11:27 Entrevistador

Tipo, eu olho pra cima, eu não vejo essas coisas caindo, eu estendo minha mão, eu não sinto elas. Aí ele pergunta assim pra você, fora da sala de aula de ciências, você acha que tem mesmo essas coisas aí chamadas raios cósmicos?

00:11:41 Aluno 2

Ai... Eu acho, eu tenho quase certeza, porque... Nem tudo é formado só de uma coisa. Tudo são várias coisas que acabam formando algo. Que nem a vida. E eu acho que se não tivesse os raios cósmicos, acho que a vida nem existiria. Porque, de certa forma, os raios cósmicos, por ser um grupo de radiação, eles podem ter tido o início da vida na Terra. Então, eu creio que existe alguma forma. Eles podem fazer mal, mas podem fazer o bem também.

00:12:22 Entrevistador

Saquei, que da hora. Quer deixar algum comentário final aí?

00:12:27 Aluno 2

Eu gostei bastante dos experimentos, entendi um pouco mais sobre os raios cósmicos, radiação. Era uma coisa que eu tinha curiosidade e tinha um montão de dúvida. Ai deu pra dar uma entendida.

00:12:43 Entrevistador

Ah, da hora. Show de bola, valeu!

## Entrevista – Aluno 3

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 3

Idade: 17

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( X ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Não trabalho, mas faço técnico em Logística e pretendo iniciar um curso de Mecânica de Usinagem.

Contando comigo, eu moro com 4 pessoas.

## Entrevista – Aluno 3

00:00:00 Entrevistador

E aí, tá tranquilo?

00:00:02 Aluno 3

Tá bem.

00:00:02 Entrevistador

De boa? Legal. Vai ser uma conversa bem de boa, tá? É mais pra perguntar sua opinião mesmo, sua impressão sobre o projeto e tal. Então, por favor, comece apresentando aí, [Aluno 3].

00:00:15 Aluno 3

Ah, [Nome completo Aluno 3], eu tenho 17 anos, muito ansioso pelo fim da escola, porque eu já tenho algumas planos, né? Assim, não uma área certa que eu quero seguir, mas agora com o fim da escola eu vou conseguir começar o Senai, que já tô fazendo ETEC, então são dois cursos, eu já tô meio que no caminho, eu me sinto bem.

00:00:42 Aluno 3

E, bom, minha vida é basicamente isso, é o que eu gosto de fazer, jogar basquete, escutar música, assistir os vídeos do YouTube.

00:00:48 Entrevistador

Ah, da hora. Tu faz ET do quê?

00:00:50 Aluno 3

Eu faço logística.

00:00:51 Entrevistador

Ah, logística. Aí o Senai você quer fazer de...?

00:00:55 Aluno 3

É mecânico de usinagem. Aí, com essa oportunidade do Senai, provavelmente eu vou conseguir um primeiro emprego, né? Vai ser esse que eu vou tentar trilhar minha vida aí.

00:01:06 Entrevistador

Da hora, mano. Tá com um plano bonitinho, né? Que isso.

00:01:11 Entrevistador

E você tá estudando aqui no Simon Bolivar há quanto tempo já?

00:01:14 Aluno 3

Desde o sexto ano.

00:01:15 Entrevistador

Desde o sexto ano, do fundamental?

00:01:16 Aluno 3

Do sexto ano.

00:01:17 Entrevistador

Caramba. E o Carlos é seu professor, ah?

00:01:20 Aluno 3

Carlos, ele me deu aula pela primeira vez no primeiro ano, no ensino médio. Sempre foi matemática e física. Eu sempre gostei muito dele.

00:01:27 Entrevistador

Os dois? Matemática e física?

00:01:28 Aluno 3

Sim.

00:01:29 Entrevistador

Caramba. E você percebe alguma diferença grande, assim, entre o professor que dava aula de ciências pra você e o Carlos que dá física?

00:01:37 Aluno 3

Sim, com certeza. Porque, pelo menos no primeiro ano, o meu professor de... Bom, não é aula de... Qual foi a matéria que você falou? Foi química, você falou?

00:01:46 Entrevistador

É, pode ser química.

00:01:48 Aluno 3

Não, mas eu ia falar de biologia. Porque o professor de biologia no primeiro ano, ele era um professor... Porque, assim, biologia é uma área que eu gosto. É uma matéria que eu gosto. Só que o professor, ele não era um professor que, assim, eu gostava dele, sabe? Do jeito que ele dava a matéria dele, não era um professor que eu gostava muito.

00:02:02 Aluno 3

Mas o Carlos, eu sempre gostei da didática dele. Sempre gostei dele. Tipo, ele sempre foi uma pessoa que tá ali te ensinando, te motivando, botando você pra cima. E falando pra você, ó, estuda, porque isso aqui que vai te levar pra frente.

00:02:17 Entrevistador

Aham. Ah, da hora. E o que que você acha que é, na aula dele, que é especial, assim?

00:02:24 Aluno 3

Ah, primeiro que ele é extrovertido, é engraçado, ele é gente boa pra caramba. Ele é uma pessoa, assim, que você olha no olho e percebe que ele realmente é uma pessoa que você quer ficar do lado. Ele faz a profissão dele com amor, assim, sabe? É isso que eu sinto vindo dele.

00:02:40 Entrevistador

Da hora. Legal. E qual que são os tipos de atividade que você faz normalmente na aula dele?

00:02:47 Aluno 3

Ah, normalmente na aula dele, como é física e matemática, a gente faz bastante conta, né? Não tem muito uma parte dinâmica, mas a gente faz bastante conta no caderno ali, a gente tirando sempre dúvidas. E a parte de números mesmo, de conta, quando você aprende as fórmulas e tudo mais, é bem gostosinho. Eu gosto de fazer.

00:03:05 Entrevistador

Da hora. E por que que você topou participar desse projeto?

00:03:09 Aluno 3

Então, eu topei participar porque, assim, é reta final, primeiramente, né? Então, quanto mais coisas pra gente fazer, são oportunidades, né? Eu acredito que cada oportunidade que aparece a gente tem que pegar, então, quem sabe, né? Acontece alguma coisa com esse projeto de física, ou então... Porque, assim, eu percebi que muitas pessoas estão fazendo esse projeto de física só porque o professor chamou pra fazer. Mas eu tô fazendo porque, assim, é um projeto do do Carlos que ele tem uma parceria com a USP, né? Então, eu vejo que é tipo como se fosse uma ponte, assim, é uma oportunidade nova. Então, por mais que, sei lá, eu passe por esse projeto sem, não sei, sem experienciar da mesma maneira, talvez, eu vou aprender alguma coisa, entendeu? Uma experiência de vida mesmo, sei lá.

00:04:00 Entrevistador

Da hora. E agora a gente já tá chegando no último dia, né? Reta final. O que você lembra, assim, que aconteceu nesses oito dias aí?

00:04:09 Aluno 3

Ah, nesses oito dias a gente... A gente experienciou algumas dinâmicas, né? Porque eu acho que eu faltei dois dos oito dias. E... Foi legal. As teorias são bem, assim, interessantes, são intrigantes, eu diria. E eu gostei, eu gostei. Eu gostaria de ter tido mais tempo, né, pra ver, pra estudar mais sobre os raios cósmicos.

00:04:33 Entrevistador

Aham. Da hora. Teve uma primeira atividade que foi em dupla. Você chegou a vir nessa atividade?

00:04:41 Aluno 3

Sim.

00:04:43 Entrevistador

Ah, tá. E tu acha que a interação em dupla foi boa?

00:04:46 Aluno 3

Foi, foi boa. Foi boa, sim. Eu fiz com o, se eu não me engano, fiz com o [Aluno 11] da minha sala também. Foi boa.

00:04:53 Entrevistador

O é o que tem piercing ou não?

00:04:57 Aluno 3

É, tem piercing no bigode.

00:04:58 Entrevistador

Ah, tá. Da hora. E daqueles cartões, você lembra de algum, assim?

00:05:03 Aluno 3

Eu lembro que tinha um... Por causa da imagem eu lembro da Torre Eiffel, né? E eu lembro que tinha um dos cartões que ele falava das duas teorias ao mesmo tempo, da extraterrestre e da terrestre. Eu lembro disso. Eu lembro do cartão 2 ser o mais difícil da gente definir e eu lembro também da gente ter definido que eles são de origem extraterrestre.

00:05:29 Entrevistador

Ah, tá. E aí a ideia da atividade era justamente essa, né? Definir se era terrestre ou extraterrestre.

00:05:36 Aluno 3  
Isso

00:05:37 Entrevistador  
Não, da hora. Em algum momento você cogitou que poderia ser terrestre, assim?

00:05:43 Aluno 3  
Não, não. Porque eu percebi que, assim, primeiro porque a gente fala cósmicos, a gente já pensa em uma coisa mais uau, mais maior, assim, né? Então, eu não tinha cogitado não que era terrestre, sempre foi extraterrestre na minha cabeça.

00:05:55 Entrevistador  
Aham. E aí então não tinha jeito não de você marcar terrestre lá, né?

00:05:59 Aluno 3  
Não.

00:06:00 Entrevistador  
Seria muito difícil, né? Legal. E você já tinha feito alguma atividade desse tipo?

00:06:06 Aluno 3  
Em que sentido?

00:06:07 Entrevistador  
No sentido de você tem uma informação, né, que tá num texto ou algo do tipo, aí você lê essa informação e você tem que mostrar como que essa informação mostra uma conclusão científica, chega a uma conclusão científica.

00:06:21 Aluno 3  
Já tinha feito, sim.

00:06:22 Entrevistador  
Já? Como que era, você lembra?

00:06:25 Aluno 3  
Não lembro muito bem, mas eu lembro que na matéria de biologia, ano passado, a gente teve uma coisa parecida com isso. Eu não lembro do tema, mas era uma atividade assim também, que a gente tinha que ler lá os textos e escolher entre duas categorias mesmo.

00:06:39 Entrevistador  
Ah, da hora. Legal. E aí, imagina que aconteceu o seguinte, um amigo seu, ele lê um... Tava lá, olhando no Google e tal, aí ele vê uma manchete lá. Cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí ele vai, clica na notícia, começa a ler e tal, aí chega num ponto que ele diz, que a notícia diz. Ó, os cientistas descobriram esse neutrino, só que eles não conseguem enxergar com os olhos.

00:07:13 Entrevistador  
Aí seu amigo fica assim, também pensativo e tal. Aí ele te pergunta, pô, mas como que pode, né, os cientistas descobriram essa partícula, mas eles não conseguem enxergar. Como que isso é

possível?

00:07:27 Aluno 3

Ah, descobrir uma partícula eu acho que é uma coisa bem particular, fazendo uma brincadeira aí na verdade. Mas é assim, acho que partículas são coisas muito pequenas, né, muito imperceptíveis, eu diria. Então a gente vê, acho que é só um detalhe a mais, porque partículas elas não estão lá, talvez, pra gente ver. Talvez estão lá pra gente só estudar elas mesmo, não tem pra que a gente ver.

00:07:52 Aluno 3

Se bem que assim, eu não sei exatamente quais componentes a gente poderia tirar a partir da nossa visão daquela partícula, né. De repente o comportamento dela, se ela é muito agressiva em relação a outras partículas, por exemplo, mas eu acredito que a visão não interfira tanto assim.

00:08:11 Entrevistador

Mas como que eles, aí a gente pergunta, mas como que eles descobriram que ela existe, se eles não conseguem ver ela?

00:08:18 Aluno 3

Provavelmente por conta do comportamento dela, né. De repente com outras partículas, ou então até com ela mesma. Ela pode se comportar de uma maneira que entregue que ela tá ali, não necessariamente com a visão. Visualmente.

00:08:34 Entrevistador

Boa, boa, boa. Aí se teu amigo começa a entrar em uma brisa meio estranha, ele chega aqui na sala, aí ele olha pra mesa assim e fala, pô, a mesa existe. Claro, que existe, ela tá aqui. Aí ele fala, não, mas a mesa existe, porque eu consigo ver ela, eu consigo tocar nela, tal. Só que quando a gente entra nessa coisa de raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que tão meio fora da nossa percepção, né. Tipo, eu olho pra cima e não vejo os raios cósmicos caindo pra mim, eu olho pra minha mão, eu estendo minha mão e não sinto eles caindo daqui.

00:09:12 Entrevistador

Aí ele te pergunta assim, fora da sala de ciências, assim, fora da aula de ciências, você acha mesmo que tão caindo esses raios cósmicos aí, por aí?

00:09:21 Aluno 3

Bom, não sei, porque assim, é um assunto, confesso que é complexo, mas eu acho que eles existem sim, eles estão ali. A gente só não consegue ver, mas a gente consegue testar se eles estão ali. Eu acho que isso que é interessante, a gente consegue pegar algum outro objeto e sentir que eles estão ali. Ou então perceber, mas não vendo. Eu acredito que sim.

00:09:47 Entrevistador

Da hora. E tu quer deixar algum comentário final aí, alguma coisa?

00:09:53 Aluno 3

Não, bom, eu gostaria de comentar que essas, assim, essas oportunidades, essas iniciativas, que principalmente o professor Carlos, que eu vejo que ele tem bastante disso, traz pra dentro da escola, é muito interessante, muito interessante mesmo, porque é igual eu falei, mostra que ele tá interessado com a gente, mostra que ele tá empenhado em ajudar a gente, né. E eu acho que os projetos são cada vez mais interessantes pra escola mesmo.

00:10:22 Entrevistador



Show de bola. Valeu, meu jovem. Obrigado.

## Entrevista – Aluno 4

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 4

Idade: 17

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( X ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Não trabalho e nem faço curso, mas tenho uma rotina de treino. Contando comigo mora  
mais uma pessoa, minha mãe.

## Entrevista – Aluno 4

- 00:00:00 Entrevistador  
Então, começa se apresentando aí, jovem
- 00:00:03 Aluno 4  
Eu sou o [Aluno 4], aluno do 3º ano... Aluno do Simon Bolivar, do 3º ano A.
- 00:00:12 Entrevistador  
Ah, dá. Você tem quantos anos?
- 00:00:14 Aluno 4  
Tenho 17 anos.
- 00:00:15 Entrevistador  
17 anos... E você estuda aqui faz algum tempo, já?
- 00:00:18 Aluno 4  
Não, eu entrei esse ano.
- 00:00:20 Entrevistador  
Esse ano?
- 00:00:21 Aluno 4  
Esse ano.
- 00:00:22 Entrevistador  
Tu estudava onde antes?
- 00:00:23 Aluno 4  
Estudava lá em Diadema, no Colégio Brasília.
- 00:00:27 Entrevistador  
É um colégio estadual?
- 00:00:28 Aluno 4  
É, particular.
- 00:00:29 Entrevistador  
Particular?
- 00:00:30 Aluno 4  
Aham.
- 00:00:31 Entrevistador  
E aí tu mudou...
- 00:00:32 Aluno 4  
Mudei mais por questão financeira.

00:00:35 Entrevistador  
Financeira, né?

00:00:36 Aluno 4  
Aham.

00:00:37 Entrevistador  
Ah, legal. E aí tu tem... Tu então começou a ter aula com o Carlos esse ano, né?

00:00:45 Aluno 4  
Sim.

00:00:45 Entrevistador  
E aí você percebe alguma diferença, assim, entre o professor que você tinha de Física antes e o Carlos?

00:00:50 Aluno 4  
Ahm... O professor de Física, entre... O Carlos em si é um bom professor, eu considero ele um bom professor. E aí eu não vejo muita diferença em si. Com o Carlos. Mas com outros professores eu vejo.

00:01:04 Entrevistador  
Em que sentido, assim?

00:01:06 Aluno 4  
Em sentido... No controle de aula, na vontade de dar aula e no conteúdo.

00:01:14 Entrevistador  
Aham. Profundidade e tal.

00:01:16 Aluno 4  
Uhum.

00:01:19 Entrevistador  
E aí tu tem... E aí o Carlos te dá Matemática também, né?

00:01:21 Aluno 4  
Me dá Matemática e da Física.

00:01:23 Entrevistador  
Aham. E aí no sentido de atividade, assim, tu percebeu alguma diferença entre o Carlos e o professor de antes? Ah, o professor de antes cobrava muito problemas vestibular e tal.

00:01:39 Aluno 4  
Sim, é... Eu vejo que as atividades que eu fazia antes era bem mais... Cobravam muito mais. Cobravam mais de mim. Essas eu considero mais fáceis de fazer. E...

00:02:00 Aluno 4  
Passa, acho que o mesmo nível, o Carlos passa o mesmo nível de atividade. Mas com essa questão de dificuldade, que lá eles tinham uma dificuldade maior.

00:02:10 Entrevistador

Mesmo nível, mesmo tipo, né, se diz.

00:02:12 Aluno 4  
Mesmo número, só que níveis diferentes.

00:02:15 Entrevistador  
Ah, tá, saquei. Da hora. E por que você topou participar desse projeto aqui? Projeto extra-curricular.

00:02:25 Aluno 4  
Ah, porque eu gosto do professor. Eu vejo que ele é um bom professor. E... Se ele me chamou é porque teve algum motivo, ele podia ter chamado outras pessoas, mas... Se ele me chamou, e aí eu... Confio. Se ele falar, pô, vai ser da hora, então eu confio nele.

00:02:41 Entrevistador  
Aham. E aí agora a gente já tá chegando na reta final, tal...

00:02:47 Aluno 4  
Hoje é o último dia.

00:02:48 Entrevistador  
Hoje é o último dia. O que você lembra que aconteceu, que vem na sua memória? Se te pedissem pra te contar o que aconteceu lá, o que você diria?

00:02:59 Aluno 4  
Briga. (risada)

00:02:59 Entrevistador  
Briga?

00:03:00 Aluno 4  
Aconteceu briga. Mas aconteceu muita amizade também, não só entre os alunos, entre aluno e professor. E... Eu me senti acolhido aqui, de certa forma. Aham.

00:03:17 Entrevistador  
E aí no contexto desse projeto aqui em si?

00:03:21 Aluno 4  
Contexto do projeto?

00:03:22 Entrevistador  
É. Que a gente teve essas oito aulas, tal.

00:03:25 Aluno 4  
Eu vi mais como uma aprofundada da matéria. Realmente no projeto vocês conseguem passar melhor, a matéria ele não consegue, eu não vejo que ele consegue passar muito bem. Não só por causa dele, mas por causa mais dos alunos. E aí como lá tinha os alunos que ele escolheu mais, ele conseguiu passar melhor.

00:03:44 Aluno 4  
E... É isso, teve mais questão de conteúdo lá eu vejo. Foi um conteúdo legal.

00:03:50 Entrevistador

E qual conteúdo assim, se você lembra?

00:03:54 Aluno 4

Ah, de radioatividade, dos raios, ionizantes...

00:03:57 Entrevistador

Aham. Da hora. E aí... E aí, teve aquela primeira atividade né, que foi em dupla, não sei se você lembra, dos cartões. Você chegou a fazer ela?

00:04:11 Aluno 4

Que cartões?

00:04:12 Entrevistador

Que eram meio que uns cartões assim, aí vocês tinham que ler e anotar numa folha.

00:04:16 Aluno 4

Ah, era do ar, extraterrestre ou da terra?

00:04:19 Entrevistador

É.

00:04:20 Aluno 4

Fiz.

00:04:21 Entrevistador

E aí tu fez em dupla, você acha que funcionou bem essa dinâmica de dupla e tal?

00:04:26 Aluno 4

Sim. Acho que deu pra dividir, mas eram o quê, acho que eram sete cartõezinhos. A gente dividiu uns três, quatro pra cada, cada um viu, leu. Primeiro que todos leram tudo, e aí cada um teve sua opinião. E aí como tinha uma folha só pra extraterrestre e uma outra só pra terra, e aí nós conseguimos dividir qual que era qual. Cada um, ah, você fica com a extraterrestre, qual que for você coloca, e qual for de terra você coloca. Foi dividir certinho.

00:04:55 Entrevistador

E daqueles cartões, você se lembra de algum assim que ficou na sua memória?

00:04:59 Aluno 4

Lembro, lembro bastante. Lembro um que, é, da atmosfera, que conforme mais ele subia, mais descarregava o aparelho, conforme mais ele entrava na água, menos, menos radioatividade ele media.

00:05:16 Aluno 4

Lembro... Teve cartões, um cartão que só falou realmente que a energia ionizante vinha do espaço, vinha do Sol, que é o que eu falava, vinha do Sol. Tinha um que... Ah, eu lembro bastante, lembro bastante.

00:05:32 Entrevistador

Tá, da hora. E você acha que teve algum que foi mais complicado assim, como ele estava?

00:05:47 Aluno 4

Hum, mais complicado, acho que teve um de que, teve um que tinha, por exemplo, eu até perguntei a palavra no dia por Carlos e eu não vou lembrar a palavra, mas se você me tiver aí

eu consigo até te mostrar. Que tinha meio que um, um recipiente, receptor.

00:06:05 Entrevistador  
Envoltório.

00:06:06 Aluno 4  
Envoltório, esse era o que eu achei mais difícil, do envoltório.

00:06:09 Entrevistador  
Ah. Tá, da hora. E aí tu lembra qual foi a conclusão que vocês chegaram? Se era terrestre ou extraterrestre?

00:06:18 Aluno 4  
Acho que nós colocamos extraterrestre.

00:06:19 Entrevistador  
Ah. E aí você, a todo momento você estava meio que cogitando, você emergiu mesmo na ideia de, pô, pode ser que seja terrestre, pode ser que seja extraterrestre, ou de largada você já meio que sabia onde tinha que chegar?

00:06:35 Aluno 4  
Hum.

00:06:38 Aluno 4  
A minha dúvida, eu tenho sempre, eu tive a ideia que na verdade era extraterrestre, só que dependendo do conceito de envoltório e ele no contexto da pesquisa, aí podia mudar de opinião.

00:06:55 Entrevistador  
Ah, tá. Da hora.

00:06:58 Aluno 4  
Ainda mais se minha colega trouxesse alguma coisa que fosse diferente.

00:07:03 Entrevistador  
Aham. E você já tinha feito alguma atividade desse tipo? No sentido de, você tem que ler a informação e chegar numa conclusão científica.

00:07:14 Aluno 4  
Hum, meio que uma conclusão meio que pessoal do que eu entendi.

00:07:17 Entrevistador  
É.

00:07:20 Aluno 4  
Se eu fiz faz muito tempo, porque não me vem à cabeça agora, mas eu lembro de já ter feito vira e mexe alguma vez, assim, uma atividade em que eu li e aí eu tive que entregar o que eu entendi, não o que era certo e o que era errado. Mas faz tempo.

00:07:37 Entrevistador  
Tá.

00:07:39 Aluno 4

Ainda mais porque faz o que, uns dois anos, que é só de...

00:07:43 Entrevistador  
Só EAD e tal

00:07:44 Aluno 4  
Então, aí você tem que entregar o que é certo, né? Você vê lá, pesquisa e pronto.

00:07:49 Entrevistador  
Aham. Ah, saquei. Da hora, da hora. E aí, imagina que um amigo seu, amigo qualquer, ele vê uma notícia, aí no título da notícia tá, cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino.

00:08:11 Aluno 4  
Neutrino.

00:08:12 Entrevistador  
Aí ele abre a notícia lá e tal, começa a ler, aí chega numa parte que diz, embora os cientistas estejam afirmando que elas existem, a gente não consegue vê-las com os olhos. Aí ele fica, putz, caramba, como que pode, né? Eles estão falando que ela existe, mas a gente não consegue ver com os olhos.

00:08:34 Entrevistador  
Aí chega em você e tal, fala, ô, como que pode isso daqui? O que que você diz aqui?

00:08:41 Aluno 4  
Eu lembro que teve uma atividade que teve essa pergunta, foi, acho que a primeira que eu fiz foi essa. E aí eu coloquei que, tipo, por exemplo, falam que você não pode ser negacionista. Falam que a Terra é redonda. Beleza, eu não consigo ver, tem, claro, jeito que eu consigo ver que a Terra é redonda, mas aqui, eu e você agora, se nós olhasse para o horizonte, nós ia ver plana.

00:09:14 Aluno 4  
Mas aí, só o que eu vejo que é verdade? não. O cara lá, o cientista que foi capacitado, fez um monte de pesquisa, foi, foi para o jornal, tá falando, beleza, do mesmo jeito que eu vou no médico, eu tenho que confiar no médico, que mesmo que eu não tenha visto nada, ele viu lá, tipo, um ultrassom, que, pô, minha mulher tá grávida, por exemplo, mesmo eu não tô vendo nada, tenho que confiar no que ele sabe. E aí, é do mesmo jeito, se ele traz provas para a sua teoria, e tem que, sabe, confiar no estudo, nos estudos.

00:09:54 Entrevistador  
Aham. Saquei.

00:09:56 Aluno 4  
Não pode ser negacionista.

00:09:59 Entrevistador  
E aí, tu imagina mais ou menos quais estudos seriam esses?

00:10:03 Aluno 4  
Para descobrir o neutrino ou para descobrir qualquer outra coisa?

00:10:06 Entrevistador



Para descobrir uma partícula qualquer, tipo, neutrino.

00:10:10 Aluno 4

Ah, eu imagino que seja num laboratório, um ambiente controlado, que não entra qualquer gás, não entra, cada gás que entra e sai é meio que controlado. É isso, um laboratório controlado.

00:10:25 Entrevistador

Ah, bom. É, boa, boa, boa resposta, obrigado. E aí, para fechar, né, esse teu amigo, ele começa a entrar em umas brisas meio estranhas, ele entra aqui nessa sala.

00:10:38 Entrevistador

Aí ele olha essa mesa, aí ele fala, pô, a mesa existe. Aí tu fala, pô, óbvio, né, pelo amor de Deus, essa mesa existe. Aí ele fala, não, mas a mesa existe porque eu consigo tocar nela, eu consigo ver ela. Mas quando a gente começa a pensar sobre essas coisas chamadas raios cósmicos, a gente está falando de coisas que estão muito fora da nossa percepção, né. Pô, eu olho pra cima e não vejo eles caindo, eu estendo a minha mão no sinto eles caindo. Aí ele pergunta assim, pô, é, e fora da sala de ciências, assim, você imagina que realmente estão caindo raios cósmicos em você?

00:11:21 Aluno 4

Eu não vejo que os raios estão caindo, mas eu vejo que se eu ficar numa praia por muito tempo, eu vou começar a queimar. É os raios ultravioletas do sol vindo na minha pele. Se eu ficar olhando pro sol, assim, por que eu não consigo olhar pro sol? Porque os raios vindo no meu olho.

00:11:40 Aluno 4

Então, nem tudo realmente é o que eu posso tocar ou ver, mas se eu parar pra ver, está um presente no nosso dia a dia.

00:11:51 Entrevistador

Boa.

00:11:53 Aluno 4

Se eu for pra Chernobyl e nascer um braço... (risada)

00:11:57 Entrevistador

Nascer dois braços aqui, né? (risada). Virar quatro braços aí... É, rapaz.

00:12:03 Entrevistador

Bom, quer deixar algum comentário final aí, alguma coisa?

00:12:09 Aluno 4

Não, acho que não. Acho que o que eu queria falar já disse. E acho que dessa escola, realmente, eu achei o Carlos, um dos melhores professores dessa escola.

00:12:22 Entrevistador

Legal. Da hora. Valeu.

## Entrevista – Aluno 5

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 5

Idade: 18

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

( ) menor que 1 salário mínimo

( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.

( X ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.

( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.

( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Trabalho como barman e robô led em festas.

Eu moro com, pai e mãe

## Entrevista – Aluno 5

00:00:00 Entrevistador

Então bora lá? Começa primeiro se apresentando, falar a nome.

00:00:05 Aluno 5

Meu nome é [Aluno 5], sou do terceiro ano A, estudo de manhã e fui selecionado para participar dos bagulhos sobre raios cósmicos e tal.

00:00:20 Entrevistador

Tem quantos anos?

00:00:20 Aluno 5

Tenho 18.

00:00:21 Entrevistador

E você estuda aqui faz quanto tempo já?

00:00:25 Aluno 5

Desde o sexto.

00:00:25 Entrevistador

Desde o sexto ano do Fundamental?

00:00:27 Aluno 5

É... faz tempo.

00:00:30 Entrevistador

E o Carlos estuda aula há quanto tempo?

00:00:31 Aluno 5

Desde o primeiro ano.

00:00:34 Entrevistador

É da aula de física ou?

00:00:35 Aluno 5

Física e matemática.

00:00:39 Entrevistador

E você percebe alguma diferença entre o Carlos e o seu professor do Fundamental, de matemática ou de ciências?

00:00:45 Aluno 5

Não.

00:00:46 Entrevistador

Não? Pra você é meio que...

00:00:48 Aluno 5

Sim.

00:00:49 Entrevistador

Muito semelhante. Qual que é o tipo de atividade que vocês normalmente fazem na sala de aula? Tipo mais conta, como que é?

00:00:56 Aluno 5

É cálculo, geralmente. Ultimamente a gente estava aprendendo mediana, que era um bagulho bem chatinho, falar a verdade. Mas tabela, um monte de coisa. Números.

00:01:09 Entrevistador

E aí em física também é normalmente mais conta, né?

00:01:12 Aluno 5

Uhum. Sim.

00:01:14 Entrevistador

Você chega a fazer algum experimento?

00:01:15 Aluno 5

Sim, a gente fez experimento com uma caixa, que a gente colocava um... papel vegetal, pintava a caixa de preto por dentro e conseguia enxergar as luzes, quando mirava, esses bagulhozinhos. Aí depois a gente modificou, colocando, além de ser um papel vegetal, a gente colocou um bagulho de CD, na ponta, onde você olhava. Ai dava outro efeito.

00:01:42 Entrevistador

Ah, da hora. E aí por que você topou participar dos projetos? Você estava lá, o Carlos te chamou...

00:01:50 Aluno 5

Ah, eu não tinha nada pra fazer, eu gosto dos assuntos, aí eu fui. Não tem muito, não.

00:01:56 Entrevistador

(risada) É isso. Foi bem nessa pegado.

00:01:59 Aluno 5

Sim.

00:02:00 Entrevistador

E agora a gente já está chegando na data final, você já estava final, né?

00:02:04 Aluno 5

É.

00:02:04 Entrevistador

Você é da turma de sexta. O que desses dias aí, que a gente teve de atividade, esses oito dias, ficou mais na sua memória?

00:02:14 Aluno 5

Acho que foi a atividade sobre a gente definir se era terrestre ou espacial, extraterrestre. Acho que foi, é porque, tipo, de verdade mesmo, acho que foi a primeira atividade que nois fez. Aí eu fiz a dupla com um amigo meu, aí a gente conversou, zoou enquanto fazia os negócio, foi legal.

00:02:36 Entrevistador  
E o que mais você se lembra assim?

00:02:38 Aluno 5  
Teve o experimento da água tônica, teve ele explicando, né, como os raios chegam na Terra, que é um monte de... Parece uma chuva, essas coisas. Aí tinha a simulação que ele fez com a água tônica e o bagulho real mesmo, que faz a simulação. É esses negócios aí que eu lembro.

00:03:06 Entrevistador  
Tá lembrando bastante coisa, pô. Tá com a memória boa. E aí nessa atividade que teve, que você falou que foi em dupla e tal, você acha que a dinâmica foi legal, né, com seu amigo?

00:03:14 Aluno 5  
Foi.

00:03:19 Entrevistador  
E aí, suponha então que teve um outro amigo, não fez a dupla com você e tal, mas ele chega e te pergunta, aí, qual que era a ideia dessa atividade? O que você ia contar pra ele assim? Dessa atividade dupla

00:03:35 Aluno 5  
É, entender, tentar identificar qual que era o terrestre e qual que era o extraterrestre. Um que eu fiquei em dúvida foi da Torre Eiffel lá, que tipo, fala que a perto de 300 metros o negócio cai. Só que no outro experimento falava que tipo, o cara foi subindo, subindo, subindo e começou, caiu e depois começou a aumentar. Aí eu fiquei pensando, será que esse negócio não começou a aumentar porque a Torre Eiffel não teve metro suficiente? Aí eu fiquei nessa dúvida assim. Aí eu ia contar isso pra ele, essa dúvida que eu tinha e, sei lá, conversar sobre.

00:04:11 Entrevistador  
Da hora. Então o cartão mais complicado foi esse da Torre Eiffel mesmo?

00:04:18 Aluno 5  
É, o que eu fiquei em dúvida, se eu colocava ou não.

00:04:22 Entrevistador  
E aí você lembra em qual conclusão vocês chegaram?

00:04:24 Aluno 5  
Eu coloquei que é terrestre, mas eu coloquei uma observação que tipo, se a altura fosse maior, poderia ocorrer o que aconteceu no outro experimento, do balão.

00:04:37 Entrevistador  
Aham, aham, da hora. E aí, se alguém te perguntar então, então esses raios eles são terrestres ou extraterrestres? O que você diria?

00:04:49 Aluno 5  
São um... Eu ficaria, eu acho que é extraterrestre, né? Se eles chegam de fora da terra pra cá, não é? Que eu me lembro é isso.

00:05:01 Entrevistador  
É, não, é que você falou que colocou terrestre e tal.

00:05:03 Aluno 5

Não, terrestre é o logo da Torre Eiffel.

00:05:06 Entrevistador

Ah, tá. Só nesse cartão

00:05:07 Aluno 5

Estou falando dos raios cósmicos e tal, seria extraterrestre, porque ele chega de fora da terra.

00:05:12 Entrevistador

Mas aí como você balanceia isso? Teve um cartão que você, ah, acho que é mais terrestre, mas aí você acabou concluindo no final que os raios em si são extraterrestres. Como será que é?

00:05:22 Aluno 5

Eu defini tipo, vamos supor, estava saindo da terra, mesmo tipo subindo, sabe? Aí estava diminuindo, estava colocando como terrestre, a radiação era terrestre. Só que aí eu fiquei confuso, que nem eu falei, porque se subisse demais ia começar a radiação de novo. Aí eu meio que acho que tem um ponto neutro ali, ó, que tem a radiação do terrestre e a do lado de cima, e tem um ponto ali que fica mais ou menos. Eu acho, não sei. Eu chuto que seja isso.

00:05:54 Entrevistador

Me parece que faz sentido isso aí que você falou. Então no final, no balanço final, você colocou que era extraterrestre e tal, e teve algum momento que você pensou, putz, se pá que eu vou marcar terrestre aqui no final, ou não? Ou desde o início você já estava em mente que tinha que ser extraterrestre?

00:06:16 Aluno 5

Depende, é que tipo, é que eu fui pela leitura dos textos, né? Aí eu fui pegando umas pontos-chave ali e algum dos textos mesmo falava que a energia era, tipo, a energia não, a radiação era terrestre, meio que, não explicitamente, tipo, a energia é terrestre, a radiação, não a energia. Só que dava para entender que era, aí eu colocava direto.

00:06:39 Entrevistador

Ah, saquei, da hora.

00:06:40 Aluno 5

Entendeu?

00:06:41 Entrevistador

Aham. E aí você já tinha feito alguma atividade desse tipo? No sentido de que você vai...

00:06:46 Aluno 5

Tipo... Fora da sala de aula, essas coisas, e...

00:06:51 Entrevistador

É, não, no sentido de... Você pode ser fora, dentro da sala de aula, aí você tem um conjunto de informações, assim, que é mais ou menos a ideia dos cartões, né? Aí você lê aquela informação e tenta mais ou menos extrair o que aquilo está querendo concluir, né? No caso, vocês tentavam extrair se era terrestre ou não.

00:07:10 Aluno 5

Sim, mas isso já teve uma atividade normal, português, filosofia, tipo, ler esse texto e... Classifica o que ele é.

- 00:07:21 Entrevistador  
[Alguém externo interrompe] Eu acho que ela está ali na outra salinha ali.
- 00:07:26 Pessoa Externa  
Virando aqui?
- 00:07:27 Entrevistador  
É.
- 00:07:28 Pessoa Externa  
Tá obrigado.
- 00:07:29 Aluno 5  
Tipo, ler esse texto e classifique o que esse texto é, alguma coisa assim, sabe? Tipo, eu acho que é o mais próximo.
- 00:07:36 Entrevistador  
Era mais... Aham. Tá, da hora. Mas aí conclusão científica não muito, né?
- 00:07:42 Aluno 5  
Não.
- 00:07:43 Entrevistador  
Sei lá, biologia, sei lá, que...
- 00:07:44 Aluno 5  
Não.
- 00:07:45 Entrevistador  
Tá.
- 00:07:46 Aluno 5  
Pelo menos que eu me lembre, não.
- 00:07:48 Entrevistador  
Aham. Agora, imagina que um amigo seu, que não fez essa atividade, ele chegou em você e falou Nossa, eu encontrei uma notícia. E a notícia dizia o seguinte, cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí ele vai lá, clica na notícia e tal, começa a ler. Aí ele fica curioso porque tem uma parte da notícia que diz o seguinte.
- 00:08:17 Entrevistador  
É... Embora os cientistas tenham encontrado esse neutrino, ele é invisível para os nossos olhos. Aí ele fica, caramba, como pode, né? Cientistas falaram que existe esse neutrino, mas não dá pra enxergar. Como que eles chegaram nisso? O que que você chutaria pra responder?
- 00:08:35 Aluno 5  
Tipo, se fosse antes desse negócio, eu falaria que seria com, tipo, sei lá, como é que é o nome? Aquele negócio aqui. Povo olha aqui, assim. É...
- 00:08:45 Entrevistador  
Microscópio?
- 00:08:46 Aluno 5

Microscópio. Antes do negócio eu falaria isso. Só que depois, tipo, eu descobri que tem sensores, né? Então eu falaria que, tipo, existia equipamentos especiais pra detecção desses... Desses... Como é que é?

00:09:00 Entrevistador  
Neutrinos.

00:09:01 Aluno 5  
Desses neutrinos, é. Aí seria tipo um sensor. Que nem os raios cósmicos lá, que identificam os raios. Explicaria assim.

00:09:12 Entrevistador  
Da hora. Não, legal, é uma boa resposta. E aí, pra fechar, né? Esse seu amigo, ele...

00:09:20 Aluno 5  
Curioso esse amigo ein (risada)

00:09:21 Entrevistador  
Curioso, ele é curioso demais, velho (risada). E agora ele tá meio brisado. Ele tá numa brisa meio estranha. Ele chegou aqui na sala, ele olhou pra mesa assim, ele falou, pô... A mesa existe.

00:09:34 Aluno 5  
Ah, do que é feita a mesa. (risada)

00:09:37 Entrevistador  
Não, não é. (risada)

00:09:38 Entrevistador  
Aí você fala, é claro, pô. Aí ele vai e fala, mas a mesa existe, porque a gente consegue tocar nela, a gente consegue enxergar ela. Mas quando a gente começa a entrar nessa coisa de raios cósmicos, a gente entra em um ponto que tá muito fora da nossa percepção, né? Tipo, eu olho pra cima e não vejo esses raios cósmicos, eu estendo minha mão, e eu não sinto caindo esses raios cósmicos aqui.

00:10:03 Entrevistador  
Aí eu pergunto, pô, se... A gente viu lá na sala, mas será que isso aí existe mesmo no mundo, fora da sala de aula? O que você acha?

00:10:17 Aluno 5  
Acho que você vai saber responder não, eu ia ficar meio confuso também junto com ele. (risada)

00:10:21 Entrevistador  
Ah, a sua opinião, pô.

00:10:24 Aluno 5  
Peraí, qual é a pergunta específica, assim.

00:10:26 Entrevistador  
A pergunta específica é, tipo... Você acha que esses raios cósmicos existem mesmo no mundo? Você acha que nesse momento tá caindo raios cósmicos em você?

00:10:37 Aluno 5



Agora, agora, agora?

00:10:40 Entrevistador  
É.

00:10:40 Aluno 5  
Aí eu já não sei.

00:10:40 Entrevistador  
Tal como essa mesa tá existindo aqui

00:10:45 Aluno 5  
Eu não sei responder. Porque, tipo, pra mim esses raios cósmicos que você falou, vem lá de fora, entendeu? Pra mim, pra ele estar nesse ambiente aqui, eu acho... Pode estar falando bosta, mas eu acho meio complicado, não sei, entendeu? Mas se fosse em um lugar aberto, em um ambiente aberto, eu acreditaria que estaria assim.

00:11:07 Entrevistador  
Ah, da hora. Mais algum comentário final aí? Quer deixar aí um alô pra sua mãe, tal?

00:11:14 Aluno 5  
Nossa! (risada). Não, não, não, tá de boa. Não, mas eu gostei de ter sido chamado, participar, foi uma experiência legal. É, acho que é isso. Tá.

00:11:29 Entrevistador  
Show de bola,

00:11:33 Aluno 5  
Foi muito interessante.

00:11:34 Entrevistador  
Valeu

## Entrevista – Aluno 6

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 6

Idade: 16

Série: 2º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( X ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Contando comigo moro com 2 pessoas

## Entrevista – Aluno 6

00:00:00 Entrevistador

Comece se apresentando, por favor, senhor.

00:00:06 Aluno 6

(risada) Meu nome é [Aluno 6], tenho 16 anos, entrei aqui no Simon no ano passado.

00:00:14 Entrevistador

Show de bola. Mora em Diadema por aí há muito tempo já?

00:00:19 Aluno 6

Morei minha vida inteira em Diadema.

00:00:20 Entrevistador

Sua vida inteira? Ah, mas é a primeira vez que tu tá vindo pra cá?

00:00:24 Aluno 6

No Simon?

00:00:26 Entrevistador

É. Primeira vez que estou vindo pra cá. Eu nunca tinha vindo.

00:00:28 Aluno 6

Ah.

00:00:29 Entrevistador

É, achei mó... mó grandão aqui. Tem uns shopping, mó da hora aqui. E o Carlos, você é professor há quanto tempo já?

00:00:37 Aluno 6

Desde o ano passado. Eu entrei no ano passado, aí depois começou a pandemia, aí fui online. Aí esse ano aqui.

00:00:44 Entrevistador

Você entrou no ano passado, você estudava onde antes?

00:00:46 Aluno 6

Eu estudava lá no centro.

00:00:47 Entrevistador

No centro? Era o que? Era a escola estadual?

00:00:50 Aluno 6

Era a particular.

00:00:51 Entrevistador

Particular? Ah, tá da hora. Qual que era o nome da escola?

00:00:55 Aluno 6

Iemana.

00:00:56 Entrevistador  
Tu percebe muita diferença de lá pra cá?

00:00:58 Aluno 6  
Ah, bastante.

00:01:00 Entrevistador  
Dá uma pegada?

00:01:01 Aluno 6  
Lá era bem mais...

00:01:05 Entrevistador  
Com mais regras, assim você disse?

00:01:06 Aluno 6  
Aham, e os alunos também eram mais focados.

00:01:09 Entrevistador  
Ah, tá.

00:01:12 Aluno 6  
Os professores, a aula do Carlos de matemática que eu tenho aqui e que eu tinha lá, é a mesma coisa.

00:01:18 Entrevistador  
É a mesma coisa?

00:01:19 Aluno 6  
Só que os alunos tinham mais tendência lá.

00:01:23 Entrevistador  
Aham. E o de física?

00:01:27 Aluno 6  
De física é ele também.

00:01:29 Entrevistador  
Então, mas comparando assim. O Carlos e o professor de lá. Você lembra alguma coisa assim?

00:01:36 Aluno 6  
Lá? Porque lá também era o mesmo professor de matemática e física.

00:01:40 Entrevistador  
Ah, tá. Aí já foi no embalo. Mas em termos de atividade assim, você acha que era muito diferente? O lá era mais voltado pro vestibular ou não?

00:01:50 Aluno 6  
É lá, os conteúdos eram bastante conteúdos apostilados. Que tinha, tipo assim, questão do Enem, da ETEC, da Termo. Então a gente via bastante coisa de vestibular.

00:02:00 Entrevistador

Ah, sim.

00:02:01 Aluno 6

Mas aqui é bastante... dão aquelas folhinhas de atividade... É isso.

00:02:08 Entrevistador

Mas aqui também é mais conta também e tal?

00:02:11 Aluno 6

Mais conta?

00:02:12 Entrevistador

Mais conta assim, que você tem que fazer. Ou é mais experimento?

00:02:16 Aluno 6

É mais conta.

00:02:17 Entrevistador

Mais conta? Ah, saquei da hora. Boa. E por que você topou participar desse projeto, essa currícula?

00:02:24 Aluno 6

Ah...

00:02:25 Entrevistador

Deu na telha ali, tava andando, moscou...

00:02:27 Aluno 6

O Carlos chamou, aí eu fiquei pensando. Ai eu achei interessante, né? Porque um projeto desse vir pra essa escola aqui é... Diferente, né? E tenho o interesse de fazer. Eu falei, ah, participar porque pode ser algo interessante. E realmente tá sendo legal.

00:02:46 Entrevistador

Ah, da hora. E aí agora a gente já tá chegando na reta final, oitavo dia, passou várias coisas, assim. Se alguém te perguntasse, ah, o que você lembra que teve? O que aconteceu nesses dias aí? O que você falaria?

00:03:02 Aluno 6

Teve bastante aula teórica, né? Falando dos raios cósmicos. E o experimento que ele fez foi bem interessante.

00:03:10 Entrevistador

Qual deles?

00:03:11 Aluno 6

O da terça passada.

00:03:14 Entrevistador

Qual? O da luz, né?

00:03:16 Aluno 6

É, da luz.

00:03:17 Entrevistador

Saquei, da hora. Você chegou a vir naquela... Naquela primeira atividade, tipo, em dupla?

00:03:26 Aluno 6

Sim. Que era pra falar ser da Terra ou extraterrestre?

00:03:30 Entrevistador

Aham. Tu acha que funcionou bem a dinâmica de dupla, assim?

00:03:35 Aluno 6

É...

00:03:36 Entrevistador

Ou podia ser melhor?

00:03:39 Aluno 6

É, até que funcionou bem. A minha dupla era uma menina boa, e aí ficou discutindo, e... Então... Foi boa.

00:03:49 Entrevistador

Da hora, da hora. É, a gente fica pensando, pô, será que funciona melhor em dupla, individual, tal?

00:03:55 Aluno 6

É que em dupla você ainda tem um... Tem um... Uma opinião diferente pra questionar, né? Pra ter certeza. Mas é, pô, melhor em dupla. Na minha opinião.

00:04:05 Entrevistador

Boa. Saquei. E aí, suponha que algum amigo seu aí ficou sabendo dessa atividade, aí ele pergunta, pô, qual que era a ideia da atividade, assim? O que que vocêalaria pra ele?

00:04:18 Aluno 6

Ah, a ideia foi... Eu acho que o principal foi o estudo da radiação, né? De onde vêm os raios cósmicos, e eu acho que... Não sei se mais pra frente estudar como... Criar uma forma de evitar eles, de... Segurar essa... A presença deles, né?

00:04:36 Entrevistador

Aham. Ah, perfeito, isso ficou bem, pô, atividade. E aí, tipo, tinha uns cartões lá pra ler e tal, você lembra de algum assim, ou... Já era?

00:04:47 Aluno 6

Cartões?

00:04:48 Entrevistador

É, você lembra que você tinha que ficar lendo a folha?

00:04:51 Aluno 6

Ah. Aham. Eu lembro de um que foi na... Naquela... Era sub imerso, não era?

00:04:57 Entrevistador

Aham.

00:04:58 Aluno 6  
Que eu coloquei o extraterrestre.

00:05:00 Entrevistador  
Aham. Que era um... Aquele lá, sei, sei

00:05:03 Aluno 6  
Eu acho que era o sete, ou seis.

00:05:05 Entrevistador  
Aham. Sei. Ah, boa. E você acha que tinha algum que tava mais complicado, assim, pô, tá difícil de... Extrair informação daqui?

00:05:15 Aluno 6  
Ah, acho que... Não sei, o terceiro e o último. Que eu e minha dupla ficou... Na dúvida ali.

00:05:25 Entrevistador  
Aham. O terceiro, você lembra qual que... Se tinha alguma imagem deles, ou não?

00:05:31 Aluno 6  
Acho que tinha, mas...

00:05:33 Entrevistador  
O que que era?

00:05:34 Aluno 6  
Num lembro

00:05:36 Entrevistador  
Ah, boa, boa, boa. E... Você lembra em qual conclusão vocês chegaram? Se era terrestre ou extraterrestre?

00:05:45 Aluno 6  
A gente chegou na maior conclusão que era terrestre.

00:05:48 Entrevistador  
Ah, tá. E aí você... Você lembra mais ou menos por que que vocês pensaram nisso?

00:05:58 Aluno 6  
Acho que porque... Eu não sei. Eu não sei. Teve uma parte que falava que... Vinha mais da Terra, que... Conforme ele ia subindo, ia se distanciando e ia diminuindo.

00:06:11 Entrevistador  
Aham.

00:06:12 Aluno 6  
E aí foi a hipótese que a gente vai...

00:06:14 Entrevistador

Vocês acharam mais plausível. É. Saquei, da hora. É... Você já tinha feito alguma atividade desse tipo? Que vocês precisavam, tipo, ler as informações e chegar na conclusão científica?

00:06:26 Aluno 6  
Não.

00:06:27 Entrevistador  
Não?

00:06:27 Aluno 6  
Nunca tinha feito. Achei até bastante interessante. De ter um debate, né? E achar a melhor... A melhor hipótese, né? Porque nenhuma delas é... É certeza, né?

00:06:42 Entrevistador  
Aham. Saquei. É... E aí imagina que agora, né, saindo um pouco dessa atividade, imagina que um amigo seu ele tava lá... Dando uma olhada lá na internet e tal, e ele tava no Google, aí ele... Aí ele viu uma notícia assim. Cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí ele vo... Vou clicar.

00:07:11 Entrevistador  
Aí ele clica na notícia, começa a ler, e tal pá, aí chega uma parte do texto que é o seguinte. Embora os cientistas tenham descoberto essa nova partícula chamada neutrino, eles não conseguem ver ela com os olhos. Aí ele fica assim, tal pa... Pô, como que os cientistas descobriram essa partícula se eles não conseguem ver ela?

00:07:33 Entrevistador  
Aí ele pergunta pra você, [Aluno 6], me dá uma luz. O que que você acha aí que pode ter acontecido?

00:07:40 Aluno 6  
Foi... Pela aquela ferramenta lá que... Que usou naquela aula?

00:07:45 Entrevistador  
Não sei.

00:07:46 Aluno 6  
Que... Que ele fez lá do... Que levanta a pazinha. Ele levanta os dois... Os dois...

00:07:53 Entrevistador  
O eletroscópio?

00:07:54 Aluno 6  
É.

00:07:55 Entrevistador  
Não sei. É porque o neutrino mesmo a gente acabou não vendo no curso, né? Mais pra você extrapolar assim, sei lá, imaginar. Ah, talvez tenha um equipamento tipo esse.

00:08:06 Aluno 6  
É. Ou colocaram... Alguns materiais e sofreram alguma... Modificação por causa do... Dessa partícula.

00:08:14 Entrevistador



Hum... Mas tu acha que pode ter um microscópio assim também ou... Muito improvável?

00:08:20 Aluno 6

Pode ser, mas acho que...

00:08:22 Entrevistador

Aham.

00:08:23 Aluno 6

Seria... É possível um tamanho, né?

00:08:27 Entrevistador

Aham. Então, boa, boa. Levantou várias opções aí. Boa. É... E aí pra fechar, esse teu amigo, ele começa a entrar em umas brisas meio estranhas. Ele chega nessa sala aqui, aí ele olha a mesa, aí ele fala Pô... A mesa existe. Aí tu fala Ah, claro, né? Existe. Aí ele fala Não, mas a mesa existe... Porque eu consigo tocar nela, eu consigo ver ela... Só que quando a gente começa a falar de raios cósmicos... A gente tá entrando em coisas que são bem foras da nossa percepção. Eu olho pra cima e não consigo ver esses raios caindo. Eu estendo minha mão, não consigo sentir.

00:09:10 Entrevistador

Aí eu pergunto [Aluno 6] e fora da aula de ciências, você acha que existem mesmo essas coisas aí de raios cósmicos? Qual que seria a sua opinião?

00:09:20 Aluno 6

Eu acredito que sim, né? Porque pelo que a gente viu nos estudos lá dos aviões sofrendo bastante influência... Deve ser porque pessoas também devem ter sofrido danos no corpo. E também a questão do raio-x, né? O raio-x também libera radiação também. Aí tanto que tem umas comparações que a mão dos caras que faziam raio-x... Cava até, perdiam as pontas do dedo, a unha... Por causa deles. Nois não vê... Mas sofre a mudança.

00:09:59 Entrevistador

A consequência. Saquei, boa, boa. Quer deixar aí algum comentário final?

00:10:05 Aluno 6

Ah... É... Foi muito interessante essa aula de raios cósmicos e... Gostei.

00:10:13 Entrevistador

Boa. Show de bola. Aí ó, viu? Acabou.

00:10:18 Entrevistador

E essa camisa aí da LEC? É, league of legends?

## Entrevista – Aluno 7

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 7

Idade: 18

Série: 2º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

menor que 1 salário mínimo

entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.

mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.

mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.

mais do que 6 salários mínimos.

Não preencheu (não sabia).

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Curso Teatro

## Entrevista – Aluno 7

- 00:00:00 Pessoa 1  
Bora que bora. Senhor [Aluno 7], senhor muito falante, tal, bate papo na merenda. É... Se apresente aí. Seu nome?
- 00:00:11 Aluno 7  
Opa. Sou o Daniel. Daniel, terceiro ano.
- 00:00:18 Entrevistador  
Terceiro ano, tá.
- 00:00:19 Aluno 7  
Tô no pezinho no final já.
- 00:00:21 Entrevistador  
É, rapaz.
- 00:00:22 Aluno 7  
Vivo e forte. Entrei de surpresa no grupo, não sabia que meu nome estava. Fui, gostei, continuei. Continuei vindo, né.
- 00:00:33 Entrevistador  
É, rapaz. E há quanto tempo você tá estudando aqui no Simon Bolívar?
- 00:00:39 Aluno 7  
Cara, desde o sexto ano.
- 00:00:41 Entrevistador  
Desde o sexto ano. aqui começa no sexto, né?
- 00:00:44 Aluno 7  
Sim, eles pegam do Anete e do Anete vem pra cá.
- 00:00:47 Entrevistador  
Ah, esse é o caminho comum.
- 00:00:50 Aluno 7  
Sim.
- 00:00:51 Entrevistador  
E o Carlos tá dando aula que você faz há quanto tempo?
- 00:00:54 Aluno 7  
Eu acho que faz um... Acho que primeiro... Desde o primeiro ano. Primeiro ou segundo. Não me vem à memória. É porque temos dois, temos dois professores de matemática. Que é... Me falha a memória, mas são dois. Tem o Carlos e tem mais uma professora que dá aula. Pro primeiro ano, acho que eu peguei ela. Acho que o Carlos fez segundo.
- 00:01:20 Entrevistador

Ah... E aí, então o Carlos dá matemática e física pra você?

00:01:25 Aluno 7

Sim, ele é o único. O único que dá duas aulas seguidas.

00:01:29 Entrevistador

Caramba. Ai tem que gostar demais do cara, né.

00:01:33 Aluno 7

É. Ele é legal também, mas também tem que se controlar um pouquinho, né.

00:01:37 Entrevistador

(risada) Mas as vezes nem tanto.

00:01:41 Aluno 7

É.

00:01:42 Entrevistador

E... E aí, então, no ensino fundamental você tinha aula com outro professor, né, de ciências e matemática.

00:01:50 Aluno 7

Sim, acho que era uma professora.

00:01:51 Entrevistador

Ah... Você lembra de alguma diferença, que você notou que era muito grande, assim, entre os dois?

00:02:00 Aluno 7

Bom, acho que não tem tanta. Depende do método do professor. Acho que era mais didático antes, mas o professor dá um jeito agora. Porque é mais coisa no ensino médio. Então, cobrando mais do que anteriormente. E tem coisas que a gente aprendeu antes, que tá errada. Ele ensina de novo.

00:02:20 Entrevistador

Como assim, é coisas que aprendeu antes que tá errada?

00:02:24 Aluno 7

É... Tem alguns cálculos que antes era errado usar, tipo, número com letra, antes, aí teve que acrescentar isso.

00:02:32 Entrevistador

Ah... Caramba

00:02:35 Aluno 7

Complicou mais, né. Mas o professor explica direitinho.

00:02:39 Entrevistador

É, a vida vai sempre complicando, né, mano.

00:02:42 Aluno 7

É.

- 00:02:42 Entrevistador  
N da hora. E qual que é o tipo de atividade que você faz normalmente?
- 00:02:47 Aluno 7  
Na semana, só estudar, né. No final de semana, normalmente eu faria teatro.
- 00:02:53 Entrevistador  
Teatro? Pô, teatro é da hora. Eu fiz teatro lá também.
- 00:02:56 Aluno 7  
Quanto tempo?
- 00:02:57 Entrevistador  
Cara, eu fiz um ano, algo assim.
- 00:03:01 Aluno 7  
Ah, eu fiz dez.
- 00:03:02 Entrevistador  
Dez anos? Não, mas aí você tá já com um pezinho no...
- 00:03:07 Aluno 7  
Tá, já tô no pique já.
- 00:03:08 Entrevistador  
Aham. E aqui dentro da escola, nas aulas de física, quantas são as atividades que você faz normalmente?
- 00:03:15 Aluno 7  
Ah, aula de física? Bom, de física o Carlos sempre tentou fazer todo mundo seguir o mesmo caminho, só que tem aquilo, né. Mesmo ele dando aula pra todos, a maioria não consegue pegar.
- 00:03:28 Entrevistador  
Aham.
- 00:03:29 Aluno 7  
Eu era um desses. Mas ele ensina direito, ele tem uma didática boa.
- 00:03:37 Entrevistador  
Mas aí as atividades eram mais o que? Continha, pá...
- 00:03:45 Aluno 7  
Aí em física era mais cálculo.
- 00:03:46 Entrevistador  
Mais cálculo, né.
- 00:03:47 Aluno 7  
É porque geralmente quando atrasava a gente em matemática, ele repôs pra gente em física. Então ele juntava.
- 00:03:56 Entrevistador

Ah... Ele juntava as duas coisas.

00:03:57 Aluno 7

É, porque ele cuida das duas já, então... Aí ele complementa com as aulas de física, então a gente pode estar um pouco atrasado em física normalmente.

00:04:06 Entrevistador

Aham. Não, não, não, beleza. E como que foi então que você acabou topando participar desse projeto?

00:04:15 Aluno 7

Bom, topar, né... Bom, eu não sabia nem que tinha o projeto na verdade. Meu nome apareceu e o Carlos em dia falou que ia ficar até mais tarde. Aí, falei, vamos, né. Chamou, nós vem. Aí eu vim.

00:04:29 Entrevistador

(risada) Vou, ver qual que é né, to fazendo nada

00:04:34 Aluno 7

Nada não, né. Nada é uma palavra muito forte. É, juntar conhecimento. Aí, chamou, aí eu vim. Aí gostei, fui indo mais, né. Aí fui indo. Até agora eu tô indo segunda, terça e quinta.

00:04:49 Entrevistador

Aí você tá vindo...

00:04:51 Aluno 7

Três dias.

00:04:52 Entrevistador

Três dias.

00:04:53 Aluno 7

É. É o meu limite.

00:04:55 Entrevistador

Ah, então hoje é um dia que você não vem, né.

00:04:58 Aluno 7

É. Porque aprender custa, né.

00:05:02 Entrevistador

Aprender custa.

00:05:02 Aluno 7

Custa. Mentalmente, principalmente.

00:05:05 Entrevistador

Cansa, cansa aprender muito.

00:05:08 Aluno 7

É.

00:05:08 Entrevistador

É da hora. Então, a gente tá chegando aí na reta final. O que você lembra aí que aconteceu nesses dias? Isso, a memória, assim.

00:05:21 Aluno 7

Ah, a gente entrou bastante dentro da temática Raios Cósmicos. Tivemos explicações científicas. E agora, tamo no... Eita, esqueci a palavra. Hilo... Hilograma?

00:05:39 Entrevistador

Histograma.

00:05:40 Aluno 7

Histograma. Histograma, é. Essa palavra é nova, assim. Pra mim era gráfico em escala, ele falou isso também. A gente já aprendeu errado isso daí também, né. Então, palavras novas surgindo. E é isso aí. Tamo indo.

00:05:57 Entrevistador

É, teve aquele primeiro dia lá que ele começou com aquela notícia, né.

00:06:03 Aluno 7

Tanto tempo já, né.

00:06:04 Entrevistador

Já faz muito tempo (risada). Ninguém lembra mais. E aí teve aquela atividade também com os cartões.

00:06:15 Aluno 7

Ah, sim, dos cartões. Sobre os raios vim da Terra ou são extraterrestres. Foi legal aquela atividade.

00:06:24 Entrevistador

E como que ela era?

00:06:26 Aluno 7

Ah, eram vários textos de autores diferentes que propunham de onde vinham os raios. Se eram terrestres ou extraterrestres. E tinha explicações mais extensas em extraterrestres. E terrestres são mais didáticos, mais simples. Aí que no final foi revelado que os raios são extraterrestres. Foi inovador isso.

00:06:53 Entrevistador

Foi revelado porque vocês ainda não...

00:06:55 Aluno 7

Foi, é, não tinha essa ideia.

00:06:57 Entrevistador

Não tinha essa ideia.

00:06:59 Aluno 7

Foi bem mais extenso com as aulas dele agora.

00:07:04 Entrevistador

E aí teve algum cartão assim que...

- 00:07:08 Aluno 7  
Ah, o mais fácil de entender foi o primeiro mesmo. Que ele explicava, deixava bem claro que era terrestre pra ele.
- 00:07:20 Entrevistador  
E essa atividade foi em dupla, né.
- 00:07:22 Aluno 7  
Sim.
- 00:07:22 Entrevistador  
Você lembra se a interação foi boa com essa dupla?
- 00:07:26 Aluno 7  
É, foi boa. Foi eu, a menina que eu não lembro o nome, e o [Aluno 3], que é da minha sala. Foi legal.
- 00:07:35 Entrevistador  
Ah, foi dupla de três?
- 00:07:37 Aluno 7  
Foi. Não, mas ele não se impôs muito. Ele só dava aqueles toquinhos. Mas a gente conseguiu fazer. Bom, ela cuidou da parte da leitu... da escrita, né. Porque, então né, português não é o meu forte, tanto assim, né. Mas deu certinho.
- 00:07:55 Entrevistador  
Ah, da hora. E teve algum cartão desses aí que você achou que era o mais complicado, assim, tipo, ah, esse aqui tá difícil.
- 00:08:03 Aluno 7  
Ah, sim. O último, que meteu cálculo. Aí, matemática já não é o meu forte, depois no ensino médio. Aí ficou um pouco confuso. Que ele falou que explica duas teorias, a terrestre e essa terrestre, só num cartão, no último. Aí, então né.
- 00:08:23 Entrevistador  
Qual que é? O último era qual? Era o do... É que tinha o da Torre Eiffel, tinha o do balão.
- 00:08:31 Aluno 7  
Acho que era da Torre Eiffel. Acho que era isso. Ou era os dois. (risada). Mas eu acho que a parte mais complicada foi o cálculo, porque meteu o cálculo lá já dificultou um pouquinho, né.
- 00:08:45 Entrevistador  
Ah, já deixa difícil, né. E aí você lembra qual foi a conclusão que vocês chegaram?
- 00:08:54 Aluno 7  
Ah, foi mais em catar resumo. A minha dupla, ela gostava de marcar bastante o texto, então se jogasse ia ficar muito grande. E o tempo era curto, mas as folhas que eu marquei foram resumos meio curtinhas mesmo.
- 00:09:14 Entrevistador  
E esses.
- 00:09:15 Aluno 7



Conseguimos.

00:09:17 Entrevistador

E esses chegaram que foi essa extraterrestre, né?

00:09:19 Aluno 7

Sim, colocamos extraterrestre.

00:09:21 Entrevistador

E teve algum momento assim que você cogitou, tipo, pode ser que seja terrestre?

00:09:25 Aluno 7

Foi, é. Eu pensei no final que era a terrestre.

00:09:28 Entrevistador

Ah, é?

00:09:29 Aluno 7

É. Eu falei, deve ser terrestre. É porque foi mais fácil de entender o terrestre, entendeu?

00:09:34 Entrevistador

Aham.

00:09:34 Aluno 7

E não tinha muito cálculo, aí eu falei que deve ser terrestre. Aí a minha dupla falou extraterrestre, eu falei, então confio em você.

00:09:42 Entrevistador

Mas então é terrestre ou é extraterrestre?

00:09:45 Aluno 7

É terres... é extraterrestre.

00:09:47 Entrevistador

Ah, tá. Mas aí você anotaria terrestre lá, né?

00:09:53 Aluno 7

Ah, nem tanto, né?

00:09:55 Entrevistador

É, né. Você tava assim, balançando.

00:09:57 Aluno 7

Éé... discordância, né? Até porque tinha uns cálculos. E como eu disse antes, terrestre foi mais didático, foi mais fácil de entender. Mas acho que coloquei essa terrestre, eu ia nela, né? A nova geração, ela é segundo ano, né? Então, vamos confiar nessa geração aí.

00:10:17 Entrevistador

(risada) Da hora, da hora. Você já tinha feito alguma atividade desse tipo?

00:10:25 Aluno 7

Na escola? Acho que não. Não tanto assim. Acho que interação na escola foi mais trabalho em grupo. Mas não assim.

00:10:34 Entrevistador  
De ler assim, chegar numa conclusão e tal.

00:10:37 Aluno 7  
Fora no horário da escola, não.

00:10:42 Entrevistador  
Tá, saquei. Então, vamos imaginar coisa aqui. E aí imagina aí que um amigo seu, você que é tão popular, aí um deles. Tem muito amigo.

00:10:56 Aluno 7  
(risada) É.

00:10:57 Entrevistador  
Um amigo seu chegou em você e falou assim, pô, eu vi uma notícia. A notícia dizia o seguinte, cientistas descobrem uma nova partícula, chamada neutrino. Aí ele vê a notícia, ele fala, não é possível, eu vou ler a notícia. Porque ele gosta muito de ciência. Aí ele começa a ler a notícia e tal, aí ele vê.

00:11:22 Entrevistador  
Mas tem um ponto, que essa partícula não dá pra enxergar com os olhos. Aí ele fica, pô, pegado, né? Falaram que tem essa partícula, mas não dá pra ver com os olhos. Aí ele ficou, como que os cientistas sabem então disso aí? Aí ele fala, [Aluno 7], você que é o homem, você é o homem do conhecimento. Me ajuda a entender, Daniel, como que isso pode acontecer?

00:11:52 Aluno 7  
Bom, aí, eu diria por esse digníssimo amigo, né? Bom, eu aprendi na escola, fora do horário, é muito interessante. Eu não me lembro a teoria, mas eu sei que foram dados, foram lidando com dados e experimentos contínuos, sempre um atualizando o outro. Até chegamos a essa extrema conclusão didática. O que são neutrinos? Aí, em um período, falaram, como que a gente consegue ver? Aí você me pergunta, como? Não sei, mas eles conseguiram descobrir essa partícula e deram esse nome. Que mudou a ciência, claro.

00:12:37 Entrevistador  
Que mudou a ciência. E esses experimentos, é o que? Você tem um microscópio ali, pra gente dar pra enxergar?

00:12:48 Aluno 7  
Acho que um microscópio não seria o suficiente pro tamanho da partícula em questão. Então, creio que foi algo bem minucioso. Como o circuito de reação de partículas, que eu esqueci o nome, não me vem à memória.

00:13:05 Entrevistador  
Acelerador.

00:13:06 Aluno 7  
Sim, o acelerador. O meu digníssimo amigo disse isso, né? Um acelerador de partículas foram provavelmente usado isso, que chegou a tal conclusão.

00:13:18 Entrevistador

Legal, legal. Só que aí, esse seu amigo, ele fala, hum, tá bom. Só que ele não para por aí. Aí ele fala, tá bom, essa aí eu entendi. Só que aí ele entra aqui nessa sala. E ele já tá meio que, meio confuso ali com a vida e tal. Aí ele olha pra mesa e fala, pô, a mesa existe. Aí você fala, é nada. Aí ele fala, ela existe. Aí ele fala, ela existe porque eu consigo tocar a mesa. Eu pego aqui a mesa, eu olho pra mesa, eu vejo a mesa. E beleza, né?

00:14:06 Entrevistador

Só que quando a gente tá estudando essas coisas de raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que tão bem fora da nossa percepção, né? Tipo, eu olho aqui pra cima e não vejo nada caindo. E aí eu estendo a minha mão também, não tô sentindo. E na sua opinião? Bem na sua opinião mesmo. Você acha que essas coisas existem mesmo, esses raios cósmicos?

00:14:32 Aluno 7

Bom, aí você coloca uma encruzilhada. Esse digníssimo amigo me colocou em duas vertentes. Mas, como eu gosto de filosofia, né? Já diria duas teorias. Temos o mundo material e o imaterial. Então, eu digo que provavelmente existe. A gente pode limitar a nossa capacidade visual, mas a está linha ainda. Então, são ideias que passam do nosso ser. São transversais.

00:15:07 Entrevistador

Então, nesse momento, você acha que tá caindo raios cósmicos em você?

00:15:11 Aluno 7

Bom, pode ser. Pode estar caindo em todo momento, né? Essa é a questão. Só basta ter o equipamento.

00:15:19 Entrevistador

Ah... Saquei, saquei. Muito bem, [Aluno 7]. Algum comentário final aí?

00:15:28 Aluno 7

Ah... Bom, falaram que a gente vai pra USP, né? Senti o ar deles. É... Falaram também de patrocínio. Eu também gostei dessa palavra. (risada).

00:15:40 Entrevistador

Ah... (risada). Aí é difícil, rapaz.

00:15:44 Aluno 7

Espero ansiosamente. Prefeito, tamo aí. Vai entender ano que vem também. Raios cósmicos, ano que vem, tamo aí. Não, não tamo aí. Ele tá aí.

00:15:56 Entrevistador

Tamo aí, tamo aí. Você vai tá lá como...

00:16:00 Aluno 7

Vamos pra USP, né?

00:16:03 Entrevistador

Vamos, vamos.

## Entrevista – Aluno 8

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 8

Idade: 17

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( X ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Faco curso online de inglês

Contando comigo, moram 6 pessoas

## Entrevista – Aluno 8

00:00:00 Entrevistador

Se apresente, por favor.

00:00:02 Aluno 8

Meu nome é [Aluno 8]. Agora tenho 17 anos. Estou no meu terceiro ano de ensino médio. E é isso.

00:00:13 Entrevistador

Sempre viveu aqui no Diadema?

00:00:16 Aluno 8

Não. Eu passei boa parte da minha vida, nem conhecendo na verdade, vivendo com meu pai no Rio de Janeiro.

00:00:20 Entrevistador

Ah, é?

00:00:21 Aluno 8

Eu vim morar aqui em 2013.

00:00:23 Entrevistador

Ah, 2013. Faz uns oito anos já, né? Sete. Aí você estuda há quanto tempo aqui no Simão Bolívar?

00:00:31 Aluno 8

Desde 2015, eu acho. Foi quando iniciou o sexto ano.

00:00:35 Entrevistador

Você estava no sexto ano, no fundamental, né?

00:00:37 Aluno 8

É.

00:00:39 Entrevistador

Agora você está no terceiro ano?

00:00:41 Aluno 8

É.

00:00:42 Entrevistador

Ah, tá bom. E há quanto tempo o Carlos é seu professor?

00:00:46 Aluno 8

Desde o primeiro ano.

00:00:47 Entrevistador

Desde o primeiro ano. Ele dá o quê?

00:00:50 Aluno 8

Ele dava Física e Matemática.

00:00:52 Entrevistador

Ah, dá Física e Matemática. E aí, você teve aula de Ciências, antes, no Ensino Fundamental. Você lembra mais ou menos do professor, como era?

00:01:11 Aluno 8

Não muito. Eu lembro que eu tinha professor de Ciências, que agora é coordenadora aqui, que é a [Coordenadora]. Ela era bem rigorosa, mas eu consegui aprender algumas coisas com ela.

00:01:23 Entrevistador

E aí, você acha que era muito diferente dela para o Carlos, que estuda Física?

00:01:27 Aluno 8

Muito. O Carlos é bem mais, sabe, bem mais legal com os alunos. Ele trata muito bem eles e eu aprendi bem mais com ele.

00:01:36 Entrevistador

Ah, saquei. E quais são os tipos de atividades que você faz na aula de Física?

00:01:43 Aluno 8

Ultimamente não tem tido muito, né, por causa da pandemia. Mas no primeiro ano, a gente tinha alguns projetos, a gente também tinha atividades normais, que, sabe, meio que a gente aprendeu um pouco na apostila, era o serviço normal de mim.

00:02:00 Entrevistador

Fazer umas contas e tal.

00:02:02 Aluno 8

É. Mês passado, a gente estava fazendo um projeto, que era de reposição de faltas, que era para construir, eu não esqueci o nome, mas era uma caixa, dentro dela tinha um pedaço de CD, que refletia a luz. Aí eu estava fazendo isso no Carlos.

00:02:23 Entrevistador

Ah, saquei. Da hora. E por que você topou participar dessa aula, dessa curricular?

00:02:30 Aluno 8

Curiosidade.

00:02:31 Entrevistador

Curiosidade? O Carlos te chamou e aí ah vou lá..

00:02:34 Aluno 8

Não, na verdade eu pedi para entrar.

00:02:36 Entrevistador

Ah, você pediu? Da hora

00:02:40 Aluno 8

Que estavam muito limitadas as vagas, aí eu me interessei e pedi para entrar e o Carlos deixou.

00:02:44 Entrevistador

Aham. Saquei, legal. E agora a gente já está chegando na minha reta final, né, hoje já é o último dia. O que você lembra que aconteceu nesses oito dias?

00:02:56 Aluno 8

Teve um experimento. Também teve aquela parada do avião. A gente também aprendeu um pouco mais sobre as pessoas que estavam teorizando. Eu acho que foi isso.

00:03:13 Entrevistador

Sa

00:03:14 Aluno 8

Que eu faltei algumas aulas porque eu não estava disponível no momento.

00:03:18 Entrevistador

Não, tranquilo. Você lembrou bem. E aí, tu chegou a vir na aula que teve uma atividade em dupla?

00:03:27 Aluno 8

Olha, qual era a atividade?

00:03:28 Entrevistador

Era uma dos cartões e tal, aí além do cartão.

00:03:31 Aluno 8

Ah, essa daí sim.

00:03:32 Entrevistador

Você venho? Aí tu chegou a fazer ela?

00:03:35 Aluno 8

Fiz.

00:03:37 Entrevistador

Você achou que a dinâmica em dupla funcionou bem?

00:03:40 Aluno 8

Foi legal, acho que o tempo não foi muito, sabe, bom, né. Se fosse um pouco, se o tempo fosse um pouco melhor, a ideia era para a gente desenvolver bem ou melhor.

00:03:49 Entrevistador

Você acha que foi muito pouco tempo?

00:03:51 Aluno 8

É.

00:03:52 Entrevistador

Ah, saquei. Beleza. Valeu. E daqueles cartões, você se lembra de algum?

00:03:58 Aluno 8

Assim, completamente não. Mas eu sei que tinha um do submarino que levou o experimento para baixo d'água. E ele, se eu não me engano, diminuiu a radiação. Acho que esse é o que me lembra melhor.

00:04:15 Entrevistador

Ah, saquei. Você lembra...

00:04:16 Aluno 8

T o da Torre Eiffel.

00:04:18 Entrevistador

Ah, da Torre Eiffel. Da hora. Ah, não, boa, boa. Você lembra qual que era a ideia da atividade, assim, que...

00:04:26 Aluno 8

Era para... Decidir, teorizar, na verdade, se a radiação vinha da Terra ou do espaço.

00:04:34 Entrevistador

Ah. E você lembra o que vocês chegaram?

00:04:38 Aluno 8

Olha, a gente chegou com a conclusão de que viria do espaço.

00:04:44 Entrevistador

Ah, saquei.

00:04:45 Aluno 8

Que é bem mais... Bem mais crível.

00:04:49 Entrevistador

Aham. Vocês já pensavam que vinha do espaço, desde o começo ou?

00:04:55 Aluno 8

S

00:04:56 Entrevistador

Por que vocês achavam isso?

00:04:58 Aluno 8

No dia em que a gente teve a aula sobre o avião, eu acho que foi a primeira, eu já dava com essa ideia na cabeça.

00:05:04 Entrevistador

Já teve um spoiler ali, né? (risada)

00:05:06 Aluno 8

Sim. É.

00:05:09 Entrevistador

Mas em algum momento vocês pensaram em, tipo, pô, pode ser que seja terrestre ou não, desde o começo, já estava descartado essa hipótese?

00:05:16 Aluno 8

Olha, teve um pouco de dúvida entre nós dois. Mas não tinha como realmente que a nós vinha do espaço.

00:05:26 Entrevistador



Era do espaço, só precisava achar como justificar, né?

00:05:28 Aluno 8  
É.

00:05:29 Entrevistador  
Ah, saquei. Então, boa. Tem algum cartão que você achou mais complicado assim, que, tipo, pô, podia estar melhorzinho ali?

00:05:38 Aluno 8  
Tinha um, que estava muito ambígua a ideia, se era do espaço ou da Terra. Eu não lembro muito bem qual era, mas eu lembro que tinha esse.

00:05:46 Entrevistador  
Ah. Tu lembra, assim, se tinha alguma imagem?

00:05:50 Aluno 8  
Não, esse eu acho que era o único que não tinha imagem.

00:05:52 Entrevistador  
Ah, não tinha imagem, beleza. Tá bom, valeu. Você já tinha feito alguma atividade desse tipo? No sentido de, você lê uma informação, aí você tem que chegar numa conclusão científica.

00:06:06 Aluno 8  
Já.

00:06:06 Entrevistador  
Já? Você lembra como foi essa atividade?

00:06:10 Aluno 8  
Não, mas eu lembro que já tinha algumas.

00:06:13 Entrevistador  
Tá, tá, da hora. Boa. E agora, já caminhando um pouco pro final, imagina que um amigo seu se deparou com a seguinte notícia. Cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí esse amigo seu vai e clica nessa notícia pra ler ela, tal, começa a ler, aí chega num ponto da notícia que tem o seguinte. Embora os cientistas tenham descoberto que a partícula é neutrino, eles não conseguem enxergar ela com os olhos.

00:06:46 Entrevistador  
Aí ele fica tipo, caramba, como que eles descobriram ela se eles não conseguem enxergar ela? Aí fica nessa dúvida e tal. Aí lança pra você essa dúvida, o que você responderia pra ele?

00:07:00 Aluno 8  
Ah, que eles utilizaram equipamentos que captam radiação e tudo mais. Eu acho que essa é a primeira ideia que veio na minha cabeça pra isso.

00:07:08 Entrevistador  
Aham. E aí como que seriam esses equipamentos? Você consegue ver assim? Seria meio que um microscópio?

00:07:19 Aluno 8

Tipo uma... Aqueles equipamentos que rastreiam calor, eu não sei o nome, seria igual isso, sabe? Você conseguiria ver por conta da radiação que ele transmite?

00:07:34 Entrevistador

Aquele do sensor? Você disse que o cara deu o exemplo? É o sensor lá do termômetro, né? Ah, tá. Saquei. Boa, boa. E aí esse seu amigo entra em umas brisas meio estranhas. Ele chega aqui nessa sala, ele olha a mesa e tal. Aí ele fala, pô, a mesa existe. Aí você fala, pô, é claro, né, existe, tá aqui, pelo amor de Deus. Aí ele fala, não, mas a mesa existe, por um motivo, eu consigo ver a mesa, eu consigo tocar na mesa, aí quando eu vejo isso eu falo, pô, a mesa existe.

00:08:10 Entrevistador

Só que essas coisas de raios cósmicos, elas estão meio fora da nossa percepção, né? A gente olha pra cima, a gente não consegue ver esses raios cósmicos, a gente estende a mão, a gente não sente eles caindo. Aí ele pergunta pra você assim, e fora da aula de ciências, né? Você acha que essas coisas de raios cósmicos existem mesmo?

00:08:31 Aluno 8

Eu acho que sim.

00:08:33 Entrevistador

É?

00:08:36 Aluno 8

É, tipo, essas pessoas que não estão dentro desse ambiente estão muito familiarizadas com isso, meio que ficam incrédulos com essas coisas, mas eu acredito que existe sim.

00:08:49 Entrevistador

Aham, saquei. E tu quer deixar algum comentário final aí?

00:08:55 Aluno 8

Olha, eu gostaria muito de ter tido uma oportunidade dessa antes, porque eu acho que aproveitaria bem melhor, porque agora já está no final do ano, é meu terceiro ano também, eu não vou ter outra oportunidade dessa na escola, porque eu não tenho mais em escola. Acho que se eu tivesse isso no primeiro ano, por exemplo, eu aproveitaria bem mais, e eu acho que isso faria eu me interessar mais pela matéria, do que eu já me interesso hoje.

00:09:22 Entrevistador

Saquei. Da hora. E aí, tu acha que é mais pelo tema, que é abordado, ou pela forma que é abordada?

00:09:30 Aluno 8

Olha, o tema e a forma também, mas acho que bem mais pela forma.

00:09:33 Entrevistador

Ah, tá. Beleza. Da hora. Muito obrigado aí.

## Entrevista – Aluno 9

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 9

Idade: 17

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( X ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Trabalho, assistente de eletricista

## Entrevista – Aluno 9

00:00:01 Entrevistador

.Então, muito bom dia!

00:00:02 Aluno 9

Muito bom dia!

00:00:03 Entrevistador

Seu presente, por favor, seu nome...

00:00:05 Aluno 9

Meu nome é [Aluno 9 nome completo], tenho 17 anos, estou cursando o terceiro ano do ensino médio e estava fazendo o projeto de raios cósmicos com ele... Eu não lembro o seu nome.

00:00:18 Entrevistador

O [Entrevistador], [Entrevistador]... E você mora aqui em Diadema, memo né?

00:00:22 Aluno 9

Moro aqui em Diadema. Na verdade, eu moro mais pra Eldorado, subindo o Serrariê.

00:00:27 Entrevistador

Aqui não é Eldorado?

00:00:28 Aluno 9

Aqui é Eldorado, mas eu vou subir no Serrariê.

00:00:30 Entrevistador

É mais Eldorado ainda (risada). Tá da hora. E aí, você estudou muito tempo aqui já?

00:00:35 Aluno 9

Ah, todo o meu período da escola foi aqui, do sexto até o terceiro agora.

00:00:40 Entrevistador

Ah, tá. Aqui começa no sexto ano?

00:00:43 Aluno 9

Aham, começa no sexto ano.

00:00:44 Entrevistador

Ah, eu achei que tinha o dos pequeninhos também.

00:00:46 Aluno 9

Não, o dos pequeninhos foi no Anete, eu tinha visto que é uma escola embaixo.

00:00:51 Entrevistador

Ah, que da hora. Ah, entendi agora. E o Carlos tá dando aula que você faz quanto tempo?

00:00:57 Aluno 9

Hum, desde o primeiro.

00:01:00 Entrevistador

Desde o primeiro?

00:01:01 Aluno 9

Antes eu tava com a [Professora], do sexto ao nono.

00:01:04 Entrevistador

No sexto ao nono era Física ou era Ciências?

00:01:07 Aluno 9

Era... Do sexto ao nono foi só Matemática, não teve Física e era Ciências.

00:01:13 Entrevistador

Ciências, ah, da hora. E você lembra de alguma diferença muito grande assim que você sentiu? "Ah, com a [Professora] eu era assim, com o Carlos era diferente."

00:01:21 Aluno 9

Olha, com a [Professora] era mais diferenciado porque com o Carlos ele dividiu as matérias de Física e Matemática, como a gente viu por primeiro. Só que lá com a [Professora] do sexto ao nono já foi Matemática e foi várias coisas como Planeta, essas coisas assim, Distância. Mas sempre intercalando, Física e Matemática, agora ele separou as duas. Agora Matemática é Matemática e Física é Física.

00:01:47 Entrevistador

E o Carlos dá os dois né?

00:01:48 Aluno 9

Dá os dois.

00:01:49 Entrevistador

Ah, tá. E em termos de atividade, essas coisas, você sentiu muita diferença?

00:01:55 Aluno 9

Olha, foi uma dificuldade, falar a verdade, porque eu não consegui tanto acompanhar a matéria. Tanto pelo período de pandemia, quanto pela diferença das coisas, eu comecei a reparar que ficou bem mais difícil do que era antes.

00:02:11 Entrevistador

Aham. Ah. E aí tipo, difícil em conta né?

00:02:16 Aluno 9

Na verdade nem é em conta em si. É mais sobre os textos, as perguntas.

00:02:23 Entrevistador

Os conceitos né?

00:02:24 Aluno 9

Sim.

00:02:25 Entrevistador

Ah, tá. É, começa a ficar mais complicado né? Eu lembro quando eu também estava estudando isso no ensino médio. Nossa, as coisa fica difícil. Então, da hora. E como que são as atividades

que você normalmente faz com o Carlos?

00:02:38 Aluno 9

Com o Carlos são, agora a gente tá mexendo com o Mediana, estávamos mexendo com as caixas especto... espectográficas e também estávamos vendo pra fazer a sala escura. A sala escura ou caixa escura, não lembro bem o nome.

00:02:56 Entrevistador

Acho que é a caixa.

00:02:57 Aluno 9

Sim, caixa escura.

00:02:58 Entrevistador

Ah, boa. Ah, então normalmente vocês fazem bastante experimento assim né?

00:03:03 Aluno 9

É, começou mais por agora no terceiro, no segundo o tempo da pandemia não deu tanto pra mexer e no primeiro foi mais conta.

00:03:10 Entrevistador

Ah é, que era coisa de mecânica né?

00:03:12 Aluno 9

Isso.

00:03:13 Entrevistador

Ah, tá. Saquei. E como que foi que você meteu o seu pé nesse projeto aqui? Você estava caminhando ali?

00:03:23 Aluno 9

Bom, eu já era bem interessado sobre isso, o Carlos já tinha me colocado num outro projeto no primeiro. Só que esse projeto não deu certo, por causa que entrou a pandemia, eles cancelaram pra fazer isso, eles iam instalar uma máquina, eu acho que de raio-cósmicos aqui na escola mesmo. Que só tem duas, eu acho que uma na USP, eu não lembro bem onde que é, mas não deu certo por causa da pandemia mesmo. Aí agora ele me botou nesse outro projeto por uma recomendação de um amigo meu chamado [Amigo]

00:03:55 Entrevistador

Ah, aí o [amigo] falou, ó esse cara aqui, dá hora, bota lá, ele topa e tal.

00:04:02 Entrevistador

Legal. E agora a gente já tá chegando no final, último dia, depois férias. Dizem, que na terça o Carlos vai pagar uma pizza pra nós, não sei se vai rolar.

00:04:16 Aluno 9

Nós vai cobrar ainda!

00:04:18 Entrevistador

Vamos ver, vamos ver. E aí o que você lembra desses dias?

00:04:25 Aluno 9

Bom, eu lembro, não lembro tanto da matéria, pra falar a verdade, eu lembro um pouco sobre raios cósmicos, a radiação, aí tem os íons, tem também, ele falou um pouco sobre os átomos, não foi átomos, foi partículas. E eu lembro um pouco de coisa, bem básico, mas eu lembro bastante. Ele também estudou um pouquinho sobre mediana na última aula, foi... é mediana, sobre idade e por enquanto é só, hoje ele vai mexer com altura e peso.

00:05:01 Entrevistador

Ah, dá hora. Eu acho que altura e peso era uma brincadeira

00:05:06 Aluno 9

É, deve ser uma brincadeira só. (risada)

00:05:08 Entrevistador

Vamos ver, vamos ver. E como que foram as atividades aí desses dias que você lembra?

00:05:12 Aluno 9

Foram bem interessantes, pra falar a verdade eu gostei, do projeto em si eu gostei, porque ele falou com um negócio que eu não sabia, até então eu nunca tinha andado de avião, aí depois que eu comecei a perceber agora, teve um pouquinho mais de medo. Mas não vai ser com frequência, como ele mesmo disse nas próprias aulas dele que o mais perigoso são para os próprios pilotos de aeronave e para as aeromoças, mas ainda há aquele pouquinho de medo, né, disso piorar e começar a causar problema até para os passageiros. Aí houve um pouco de medo.

00:05:47 Entrevistador

Aí dá esse receiozinho, né?

00:05:49 Aluno 9

Dá.

00:05:50 Entrevistador

E aí teve essa... é, essa atividade aí dos aviões, né? E aí depois teve uma que era com os cartões, né?

00:06:00 Aluno 9

Sim, ele separou sete cartões, cada um com uma teo... eu não sei se eu posso falar de teoria, mas eu acho que cada um com uma teoria e a gente tinha que separar elas. Para as teorias da Terra, que a radiação dos raios cósmicos vem da Terra, ou se a radiação vem dos extraterrestres, que é espaço, essas coisas assim. E depois ele deu mais uma folhinha para a gente concluir se a gente acha mesmo que é do espaço ou da Terra. Na minha atividade pelo menos, foi a da, o que a gente concordou, eu e minha dupla, foi os extraterrestres, não, é do espaço, que ela vem do espaço pelos próprios blocos, pelos que estava falando, e também pelo número que houve no espacial para o da Terra. O da Terra não teve tanta comprovação assim.

00:06:56 Entrevistador

Não teve muito experimento assim, né?

00:06:58 Aluno 9

É, não teve muito experimento.

00:07:00 Entrevistador

Ah, da hora. E aí você se lembra de algum cartão assim que ficou marcado, tipo, putz esse cartão aqui...

00:07:08 Aluno 9

Bom, o que ficou marcado foi o da Torre Eiffel, que a 300 metros houve uma diminuição dos raios cósmicos. E o outro foi o do navio, que ele afundou o espectro... eu acho que foi uma máquina mais avançada que o espectrograma. Eu não sei se é espectrograma, mas ele afundou a 3 metros da água e houve também uma outra diminuição de 20%.

00:07:35 Entrevistador

Ah, que da hora.

00:07:37 Aluno 9

Esses foram os dois que eu lembrava. Esses foram os que ficou na...

00:07:40 Entrevistador

Não, da hora, mano. Você está lembrando bastante coisa. Legal. E aí você falou que vocês colocaram que era extraterrestre, né?

00:07:49 Aluno 9

Sim.

00:07:50 Entrevistador

Teve algum momento assim que vocês cogitaram que fosse terrestre ou não?

00:07:54 Aluno 9

Bom, teve um momento que a gente percebeu que na Terra teve mais... Nenhum dos cartõezinhos. A Terra era... Eu acho que era a mesmo o da Torre Eiffel. A Terra ele estava com um alto. Aí ele subiu, diminuiu. A gente achou que era possível ser da Terra. E também teve outro dos blocos que ele botou, que foi sobre ele ter falado que eles tentaram fazer o espectrograma, só que mudando o envoltório dele, botando metal. Aí a gente achou que podia ser da Terra, só que as coisas que tem na Terra não eram capazes de... Meio que bloquear essa radiação, fazendo com que as palhetas do experimento continuassem abertas.

00:08:37 Entrevistador

Aham. Ah, da hora. Então vocês, a princípio, vocês estavam nessa briga, né?

00:08:46 Aluno 9

É.

00:08:46 Entrevistador

Legal, legal. Tá. Vocês já tinham tido alguma atividade que era semelhante a isso?

00:08:57 Aluno 9

Olha, até o momento não. Conforme for acontecendo teve o projeto, mas até o momento a gente não falou sobre isso.

00:09:07 Entrevistador

Ah, tá. Nenhum tipo de atividade no sentido de... Ah, vamos olhar aqui o pessoal fez esse experimento, como que a gente conclui. Você não lembra?

00:09:16 Aluno 9

Não, não teve.

00:09:19 Entrevistador



Ah, legal. Tá. E aí, vamos então imaginar coisa aqui, né? Você falou que o seu amigo que te botou nessa enrascada... Vamos supor que seja até ele mesmo.

00:09:29 Entrevistador

Ele descobriu a seguinte notícia. Cientistas descobrem uma nova partícula, chamada neutrino.

00:09:36 Aluno 9

Certo.

00:09:37 Entrevistador

E aí ele fica, putz, neutrino e tal. Aí ele vai e lê a notícia. Aí ele começa a ler a notícia ali e tal, aí ele vê lá, ah, mas não dá pra enxergar essa partícula. Então tem essa partícula que eles descobriram, neutrino, mas não dá pra ver com os olhos. Aí ele chega em você e fala, pô, você aí tá engajado nessas questões, tal, gostou. Aí ele pergunta, pô, como será possível isso, né? Porque tem uma partícula, eles falam que existe, mas a gente não consegue enxergar. Como será que eles pensaram nisso?

00:10:08 Aluno 9

Bom, eu acho que eles pensaram com muita teoria. Aí conforme eles foram fazendo os testes, perceberam que há alguma outra coisa diferente, uma partícula diferente do que a gente já conhecia, e começaram a estudar essa partícula. Conforme foram estudando essa partícula, foram fazendo experimentos até acharem uma forma de ver essa partícula. Saber que ela tá lá mesmo, mas não conseguindo ver.

00:10:36 Entrevistador

E essa forma de esses instrumentos, esses experimentos, seria mais ou menos como, assim, você imagina? Um microscópio ou outra coisa?

00:10:45 Aluno 9

Bom, eu acho que microscópio ainda estaria muito distante, porque microscópio ele consegue ampliar, mas ele não consegue enxergar coisas que não são visíveis a tanto olho ou assim. Mas eu acho que pode ser por experimentos, por exemplo, de própria energia. Ele vê que a energia, pelo menos no experimento que o professor Carlos nos mostrou, que teve em envoltório, teve onde ele botou a energia, e abriram as palhetas. Mas mesmo assim ainda houve uma diminuição de energia e as palhetas voltaram a se encostar.

00:11:22 Aluno 9

Então, como eles perceberam que as palhetas voltaram a se encostar, mesmo mudando em envoltório, mesmo mudando o jeito de ir com a energia, e vendo se não podia ter uma descarga diferente, poderia ser da radiação. Então eles começaram a perceber por experimentos em si básicos, e depois foram começando a se aprofundar mais.

00:11:44 Entrevistador

Seria meio que pelos efeitos, né?

00:11:46 Aluno 9

Sim.

00:11:47 Entrevistador

Da hora. E aí tem uma outra pergunta, né? Ele chega aqui, ele começa a ver essa sala, é um amigo que gosta de imaginar, aí ele vê a mesa e ele fala, pô, a mesa existe. Aí ele fala, pô, por que a mesa existe? Ah, porque eu consigo ver ela, eu toco nela, eu sinto ela, a mesa tá aqui, né? Não tem jeito. Quando a gente começa a pensar em raios cósmicos, é uma coisa que meio que

foge da nossa percepção, né? Porque eu não consigo ver, eu não consigo... Pô, estendo a mão aqui, eu não tô sentindo o raio cósmico cair.

00:12:25 Entrevistador

Será que... Você acredita mesmo que tão caindo raios cósmicos aqui na gente nesse momento?

00:12:34 Aluno 9

Bom, eu acredito... Pela minha opinião, eu acredito sim, porque... Até pelos próprios testes já foram comprovados, mas tirando isso de lado, eu acredito porque... O mundo é muito vasto, então a gente não sabe tudo o que acontece, tanto aqui na Terra quanto no espaço. E pra fora, muito mais, passando da nossa galáxia, tudo. Mas... Eu acho que existe sim, na minha opinião existe sim. Mesmo não podendo tocar, nem ver, nem sentir. Se foi comprovado que existe, e tão tendo teorias que existe, e tá tendo até casos de pessoas que tão acabando ficando mal por causa disso, é que existe.

00:13:15 Entrevistador

Ah, show de bola. Tem mais algum comentário aí que você quer deixar?

00:13:19 Aluno 9

Bom, acho que não tem nenhum, só o que podiam aumentar ou botar mesmo na escola essa matéria, porque pelo menos por mim eu achei muito interessante.

00:13:28 Entrevistador

Legal, foi de bola. Tamo batalhando pra isso aí. Beleza, muito obrigado. Para aqui de gravar.

## Entrevista – Aluno 10

### Questionário para os Entrevistados:

Nome: Aluno 10

Idade: 18

Série: 3º Ano

Acredito que minha renda familiar esteja por volta de (salário mínimo = R\$ 1100,00):

- ( ) menor que 1 salário mínimo
- ( X ) entre 1 salário mínimo à 2 salários mínimos.
- ( ) mais que 2 salários mínimos e menos que 3 salários mínimo.
- ( ) mais que 3 salários mínimos e menos que 6 salários mínimos.
- ( ) mais do que 6 salários mínimos.

Além da escola, você trabalha ou faz algum curso extra?

Não

## Entrevista – Aluno 10

- 00:00:01 Entrevistador  
Vamos esticar... E aí, como tá? Tudo bem?
- 00:00:04 Aluno 10  
Tá, tudo indo.
- 00:00:06 Entrevistador  
Foi legal a prova?
- 00:00:09 Aluno 10  
Mais ou menos.
- 00:00:09 Entrevistador  
Mais ou menos? Por que? Tava muito longa?
- 00:00:12 Aluno 10  
Não. A redação foi o que matou.
- 00:00:14 Entrevistador  
Ai... Redação é sempre difícil, né? Então, por favor, se apresente.
- 00:00:22 Aluno 10  
Prazer, [Aluno 10], [Diminutivo de Aluno 10], tenho 18 anos, conclui o ensino médio.
- 00:00:30 Entrevistador  
Concluiu o ensino médio, olha só. Legal. Você tá estudando aqui no Simon Bolívar faz muito tempo?
- 00:00:36 Aluno 10  
Não, entrei no mês de junho.
- 00:00:39 Entrevistador  
Junho?
- 00:00:40 Aluno 10  
Junho, junho.
- 00:00:41 Entrevistador  
Ah, esse ano?! Nossa! foi bem recente isso.
- 00:00:44 Aluno 10  
Sim.
- 00:00:45 Entrevistador  
Você estudava aonde antes?
- 00:00:46 Aluno 10  
Eu era de Pernambuco.

- 00:00:48 Entrevistador  
Ah, é? Ah, e vocês mudaram de lá pra cá?
- 00:00:50 Aluno 10  
Sim.
- 00:00:51 Entrevistador  
Veio com a família?
- 00:00:52 Aluno 10  
Não, vim só.
- 00:00:53 Entrevistador  
Veio só?!
- 00:00:54 Aluno 10  
Sim, mas a minha família tem família aqui no lugar.
- 00:00:56 Entrevistador  
Ah, tá. Que da hora. Olha só que aventura. Eu nunca saí de São Paulo. Acho que Pernambuco deve ser um lugar bem legal.
- 00:01:02 Aluno 10  
Ah, depende do lugar sim.
- 00:01:04 Entrevistador  
Ah, é?
- 00:01:05 Aluno 10  
Aham.
- 00:01:07 Entrevistador  
Então, é... Você começou a estudar com o Carlos agora, né?
- 00:01:11 Aluno 10  
Uhum.
- 00:01:12 Entrevistador  
Aí lá antes você tava na escola também e tal, né? E aí você percebeu muita diferença, assim, entre o Carlos e esse professor de física que você tinha antes?
- 00:01:22 Aluno 10  
Sim, Bastante.
- 00:01:23 Entrevistador  
Ah, é? Por quê?
- 00:01:24 Aluno 10  
Ah, porque o professor que eu tinha, ele não dava tanta aula de física. Ah, agora o Carlos deu mais trabalho, ele explicou como funcionavam elétrons, os átomos, é... Alguns cálculos de física, etc.
- 00:01:42 Entrevistador

Ah, e esse professor, ele não dava muita aula de física? Ele dava o quê?

00:01:46 Aluno 10

Ah, ele não era de física. Ele era de outra matéria, mas dava matéria de física.

00:01:50 Entrevistador

Ah, ele tava ali tampando, né?

00:01:53 Aluno 10

Tipo, o professor de matemática dava inglês.

00:01:56 Entrevistador

Ah, nossa! É, mas é comum isso. Estaticamente é bem comum. E qual que foi o tipo de atividade que você fez com o Carlos normalmente, assim?

00:02:10 Aluno 10

A gente fez alguns cálculos, a gente tava fazendo um trabalho agora, né? Física... E outras coisas que eu não me lembro.

00:02:20 Entrevistador

Mas é, então, meio que tem uns cálculos, tem meio que montar umas coisas... E aí o professor de antes, então, eu imagino que era mais conta, né?

00:02:29 Aluno 10

Não, ele só passava um negócio pra escrever. Só escrevia na lousa.

00:02:34 Entrevistador

Ah... E aí você gostava mais desses dois estilos, qual você gosta mais?

00:02:42 Aluno 10

Eu gosto mais do Carlos, porque ele explica melhor, ele tira as dúvidas direitinho.

00:02:47 Entrevistador

Ah, tá.

00:02:48 Aluno 10

Ele entende do assunto, no caso.

00:02:50 Entrevistador

Ah... É, o Carlos é muito bom. E aí, o que que aconteceu que você acabou topando em participar desse projeto?

00:02:59 Aluno 10

Ah, porque eu vi uma oportunidade mais legal de conhecer um pouco mais a física. E como funciona. O que a gente pode entender em relação a isso.

00:03:08 Entrevistador

Ah, que legal. E como foi? Você tava caminhando ali no corredor, o Carlos puxou...

00:03:12 Aluno 10

É.

00:03:12 Entrevistador

Foi isso mesmo? (risada)

00:03:14 Aluno 10

É, ele falou com alguns... Selecionou algumas pessoas. Perguntou se a pessoa tinha tempo, eu tenho tempo disponível. Aí eu peguei, me interessei e vim.

00:03:24 Entrevistador

Ah, que legal. E agora a gente já tá chegando na reta final, né? Terça-feira, quase férias já, né? Praticamente férias.

00:03:34 Aluno 10

É.

00:03:36 Entrevistador

E dizem que terça-feira tem uma pizza, né? Vamos aguardar aí.

00:03:40 Aluno 10

Mas talvez hoje...

00:03:41 Entrevistador

Vamos aguardar. Mas aí, o que desses dias aí que a gente viveu, você se lembra, assim? Tá na sua memória?

00:03:51 Aluno 10

Ah, que os raios ionizantes são extraterrestres. Que... Algumas tripulações de avião tem que fazer rotas alternativas para desviar das chuvas de raios gama, alguma coisa assim. O que mais? Acho que só.

00:04:14 Entrevistador

Aham. Tá lembrando bastante coisa já. E... E aí quando que você descobriu que eles eram extraterrestres? Foi lá no comércinho já?

00:04:24 Aluno 10

Não, na atividade que a gente tava fazendo.

00:04:26 Entrevistador

Ah... Como que era essa atividade mesmo?

00:04:30 Aluno 10

Eram sete textos. Você teria que dizer se eles eram extraterrestres ou provenientes da Terra. Aí teve o cinco, que eu me lembro bem, foi da Torre Eiffel. Que, tipo, ele explicava as duas formas. Que de baixo pra cima a energia caiu muito menor. Então a energia era da... Proveniente do espaço. E de baixo pra cima ela era muito menor. Tipo, quando chegava na metade já era quase nula.

00:05:00 Entrevistador

Ah... Não, legal, legal. E aí você fez em dupla. Você já conhecia a sua dupla?

00:05:08 Aluno 10

Sim. É colega de turma.

00:05:12 Entrevistador

E você acha que a interação foi legal? Tal? Acho que funcionou bem ali.

00:05:18 Aluno 10

A dupla foi bem.

00:05:20 Entrevistador

E aí teve algum cartão que você achou mais complicado? Tipo, ah, esse aqui.

00:05:24 Aluno 10

Ah, o que tava mais em dúvida, eu acho que foi o... Acho que foi o seis... Foi o seis, que era do mar. Que você colocava um negócio no mar e ele descia três metros de profundidade. Eu fiquei mais em dúvida. Eu acho que eu coloquei proveniente da Terra, mas ela era extraterrestre.

00:05:44 Entrevistador

Ah... E aí você lembra da conclusão que vocês chegaram que era extraterrestre, né? Teve algum momento que você cogitou que fosse terrestre, assim?

00:05:53 Aluno 10

Não, acho que não.

00:05:54 Entrevistador

Não? Porque você achou que não era convincente? Ou já tava no ar que era extraterrestre e tal?

00:06:01 Aluno 10

Não, porque tinha uns que falavam que, tipo, na introdução já falava extraterrestre. Eu acho que foi o um, foi o dois que falavam que eles eram provenientes do espaço. Aí já dava pra indagar que era o extraterrestre.

00:06:15 Entrevistador

Ah... Então você num nenhum momento, assim, você achou que, ah, vou marcar terrestre aqui, né?

00:06:22 Aluno 10

Não.

00:06:22 Entrevistador

Pelos cartões mesmo, né? Não, legal. Você já tinha feito alguma atividade desse tipo?

00:06:28 Aluno 10

Não, é a primeira vez.

00:06:29 Entrevistador

Ah, tá. Então, legal. Então, vamos imaginar umas coisas aqui. Vamos imaginar o seguinte. Você conheceu um amigo aí e tal, e seu amigo chegou em você. Aí ele falou o seguinte. Eu vi uma notícia. Aí você fica, ah, tem notícia e tal. Aí a notícia que ele viu é cientistas descobrem uma nova partícula, chamada neutrino. Eita, uma outra partícula agora, neutrino.

00:07:06 Entrevistador

Aí ele começa a ler a notícia e tal, aí tem uma parte lá. Só que tem um ponto, né? Os cientistas descobriram essa partícula, mas não dá pra enxergar com os olhos. Aí o... Caramba, aí ele chega em você aí ele pergunta, pô, na sua opinião, né? Como que... Como que pode o cientista ter enxergado nisso, né? Falar que existe uma partícula, mas não dá pra enxergar. O que você



responderia pra ele?

00:07:32 Aluno 10

É, porque tipo, eles estudaram bastante sobre o assunto. Talvez os equipamentos que eles tinham não enxergam de... Eles não enxergam exatamente o que eles querem ver. Porque nem todos os equipamentos você consegue enxergar algo microscópico. Aí poderia ser essa resposta. Tipo, eles não têm os aparatos pra conseguir enxergar mais a molécula.

00:07:54 Entrevistador

Mas ainda assim ela tá lá.

00:07:57 Aluno 10

Ela tá lá, ela existe.

00:07:59 Entrevistador

Ah... Aí tem que bolar alguma outra coisa, né? Ah, show de bola, show de bola. Legal.

00:08:06 Entrevistador

E... Aí esse seu amigo, ele... Meio brisado e tal, ele chega aqui, ele olha a mesa, aí ele fala, pô... A mesa existe. Aí tu fala, pô, é óbvio, né? A mesa existe, tá aqui, tal... Aí ele fala, não, mas a mesa existe porque eu consigo tocar nela, eu consigo ver ela, tal. Mas quando a gente começa a estudar essas coisas de raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que estão bem fora da nossa percepção, né? Eu olho pra cima, não consigo ver eles, eu estendo minha mão, não sinto.

00:08:47 Entrevistador

É, e aí eu pergunto pra você, bem na sua opinião assim, você acha que tem mesmo essas coisas de raios cósmicos ou não?

00:08:56 Aluno 10

Tem, porque tipo, se eles estudaram, fizeram estudos e encontraram que realmente existe. Com a opinião de uma pessoa que não estudou, não vale de nada. Tipo, se esse amigo, ele não tem o conhecimento que um cientista ou físico tem, não voga. A resposta dele pode ser, na concepção dele, pode ser o certo. Mas de acordo com a física, existe, tem como provar que eles existem. Tem as chuvas dos raios, que tipo, os aviões eles têm que desviar. Os experimentos de físicos provaram que vinham raios tanto da Terra como provenientes do espaço. E assim vai.

00:09:36 Entrevistador

Ah... Então você acha que tá caindo mesmo essas coisas em você.

00:09:40 Aluno 10

Uhum

00:09:40 Entrevistador

Ah, legal. E aí, mais algum comentário final, [Aluno 10]?

00:09:45 Aluno 10

Não.

00:09:46 Entrevistador

Tá nervoso? Ficou cansado?

00:09:47 Aluno 10

Mais ou menos.

00:09:49 Entrevistador  
Relaxa, foi muito bem! Muito obrigado, viu?

00:09:51 Aluno 10  
Obrigado também.

## Transcrição da entrevista: Professor

00:00:00 Entrevistador  
Então, Carlos, a ideia dessa entrevista... O que eu estou querendo? Na pesquisa eu estou meio que investigando como que os professores vão se apropriar do material e tudo mais e eu estou querendo saber qual que é o fator Carlos, que acabou interferindo assim nessa aplicação então eu quero saber um pouco mais sobre você como professor e tudo mais, só pra te conhecer mesmo

00:00:28 Professor  
Em relação especificamente ao projeto ou no geral?

00:00:32 Entrevistador  
No geral no geral.

00:00:34 Professor  
Bom, acho que deu pra perceber assim, eu procuro ser bem coloquial com os alunos, não trabalho aquele formalismo é uma forma que é mais de eu me aproximar deles, ter uma interação maior com eles que aí a gente consegue fazer porque renda mais, né?

00:00:58 Professor  
Muitas vezes você não entende, você consegue com que eles se aproximem mais de vocês alguma coisa, a dúvida, sem receio de querer perguntar ou chegar e falar, "sinceramente, não estou entendendo". É uma estratégia que eu uso até pra estar trabalhando em relação ao projeto, eu acho que a forma de apresentar também o conteúdo, né?

00:01:19 Professor  
Que você tinha dado as comandas lá que precisaria ser qual linha, né? De trabalho, então espero que você tenha também ficado contente a forma que eu reabordei pra apresentar pros alunos, eu acho que pelo menos um pouquinho devem ter capturado não muito, mas um pouquinho, né?

00:01:42 Entrevistador  
Há quanto tempo você dá aula na escola básica?

00:01:48 Professor  
Ano que vem agora faz 30 anos. Comecei em fevereiro de 92. Antes aliás, eu dei 2 anos de aula no antigo Mobral, na prefeitura de Diadema também. Mobral, que hoje é conhecido como educação de jovens adultos, o EJA. Antigamente chamava Mobral.

00:02:14 Entrevistador  
Eu não conhecia. Você se lembra porque você entrou nessa coisa de ser professor de física? Porque você virou professor de física?

00:02:24 Professor

Bom, professor, dentro da própria sala de aula como estudante também, sempre me interessava, sempre tem um pouco de facilidade pegar na área de exatas, então alguns colegas que tinham dificuldade acabavam ficando ensinando e acabou pegando essa mania de estar ensinando um pouco, assim, os colegas. Aí parei um tempo, uma época sem estudar, porque chegou uma época assim ou estuda ou trabalha, não dava para fazer os dois. Tinha que trabalhar, então, quando deu uma oportunidade eu resolvi fazer matemática e ciências lá na Universidade de paulistana aí, o que está...

00:03:16 Pessoa externa

Aqueles copos descartáveis que você pode dá um pouquinho para nós, uns 4 ou 5?

00:03:21 Professor

Já dei para frente

00:03:23 Pessoa externa

Deu fim? tá bom, beleza.

00:03:28 Professor

Aí, por fim, estava na área de exatas, né, e formei já com foco na licenciatura mesmo eu trabalhava durante o dia e estudava à noite, ali na vila mariana. Aí, comecei a dar aula, terminei a faculdade, aí comecei a dar aula, inclusive foi aqui nessa escola

00:03:58 Entrevistador

Foi aqui mesmo?

00:03:59 Professor

Comecei aqui

00:04:01 Entrevistador

E está aí desde então.

00:04:02 Professor

Não, eu até sai dela. Aí, comecei a dar aula aqui, e à noite, e durante o dia, aí eu saí do serviço da empresa que eu trabalhava e comecei a dar aula também lá no centro de Diadema, no antigo Flint Miller aí, veio o concurso, em 98, né, deu o concurso para professores, prestei, passei aí, optei de ficar lá em Diadema mesmo, direto, na própria escola que eu dava aula lá. Lá era escola padrão, então ganhava um pouco mais que aqui, né, então acabei ficando direto dando aula lá, na escola padrão e durante 12 anos eu dei aula lá aí, questões assim, sabe, não está se entendendo bem com a direção da escola, uma nova direção que assumiu. Conflitos, né, de opiniões e tinha um pátio grande, tinha um [inaudível] da escola, volta e meia saía com os alunos, principalmente trabalhar a questão de área, muitas vezes aceleração, velocidade, distância punha o pessoal para ficar correndo, cronometrando, quanto espaço dava, quanto tempo, qual foi a aceleração e ela não queria não, ela falava que aluno não tem que ficar dentro da sala de aula, não pode ser fora de sala de aula. Então, já começou a desanimar, uma vez eu quis sair com o pessoal... Tantos empecilhos, falei não, tudo bem, vamos, eu já morava aqui em Eldorado e falei, ah sabe de uma coisa?

00:05:42 Professor

É todo dia, logo cedo, pegando o ônibus, 6 horas da manhã, para estar 7 lá saía de lá 5 e pouco, chegava tarde pa burro aqui, aí falei assim "e se eu vier para Eldorado mesmo?". Fico direto não precisa ficar me matando assim com o ônibus aí aí eu pedi remoção para cá, em 2002... E to até hoje, vai fazer aí já 20 anos que estou aqui.

00:06:05 Entrevistador

Está bem perto de 20 anos

00:06:07 Professor

É em dezembro de 2001, que eu trouxe a papelada, em 2002, já comecei a dar aula também o final agora, dezembro agora, realmente vai fazer o desfecho, quando eu comecei, voltei aqui a dar aula.

00:06:28 Entrevistador

E sempre foi aula para o ensino médio?

00:06:30 Professor

Sempre, lá no Fininto, teve turmas também de 5<sup>o</sup>, 6<sup>o</sup>, 5<sup>a</sup> série, 6<sup>a</sup> série, 7<sup>a</sup> série, 8<sup>a</sup> série mas o foco que eu sempre gostei mesmo foi o ensino médio, inclusive em escola particular que eu já trabalhei foi o ensino médio, eu trabalhei um tempo também em cursinho, dando aula, de matemática, de física sempre nessa área.

00:07:01 Entrevistador

E por que que o seu foco, você gosta mais do ensino médio? O que você diria que é diferente?

00:07:10 Professor

É a comunicação, eu consigo, sabe, meio...

00:07:16 Entrevistador

Você é mais espontâneo

00:07:18 Professor

É, exato, essa forma mais descontraída de falar com eles, eu acho que interage mais e esse formato não combina com o pessoal do Fundamental 2 principalmente 6<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup> anos, ainda são muito novinhos, você tem que ter um outro tipo de relação ali um outro formato de aula, já o pessoal do 8<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup> ano, você tem que tomar muito cuidado porque pode ser mal interpretado, uma brincadeira, coisa assim, não vai pegar bem, tem que se policiar muito. E já no ensino médio, principalmente no 3<sup>o</sup> ano, que são as cargas maiores que eu procuro pegar então já é mais direto, essa comunicação já é mais aberta.

00:08:05 Entrevistador

Legal, e entrando um pouquinho mais em específico no ensino médio, quais são os conteúdos que você dá para o 1<sup>o</sup> ano?

00:08:16 Professor

1<sup>o</sup> ano em física, está tendo uma mudança, agora nesse ano entrou currículo em ação, está tendo uma mudança. Mas pensando um pouco mais para trás, é aquela coisa massante de cinemática que eu sou um crítico muito ferrenho, principalmente daquela apostila de 2008, 2009, 2010 porque era uma coisa surreal, você não conseguia trabalhar num ano normal aquilo, tudo que era inviável então você tinha que trabalhar cinemática de cara no 1<sup>o</sup> bimestre e dinâmica também já envolvendo tudo... Sabe o foco era muito... Cobrando muita coisa, não há esse tempo, aprofundando demais, não tem como você estar dando todo aquele nível de aprofundamento em tão pouco tempo porque a quantidade que está pedindo era exorbitante, tem muita coisa que atualmente em física não precisa ficar dando tanto não precisa ficar focando demais em muitos detalhes, coisas assim, tem que condensar um pouco mais. Por exemplo, agora essa nova forma de abordagem que está abordando a questão de energia está diversificando um pouco mais e não se aprofundando tanto, então eu acho que aí vai ser uma coisa legal embora estejam dando muita coisa também. Por exemplo, pessoal do 1<sup>o</sup> ano tem que abordar todas as

formas de energia normal até a parte de eletricidade, magnetismo, eletromagnetismo, tem coisas que iria começar a ver inicialmente no 3<sup>o</sup> ano do ensino médio já estava sendo dado no 1<sup>o</sup>, agora no final do ano, juntamente com a parte de astronomia tinha que entrar também em todo esse conteúdo de eletromagnetismo, então eu acho que ainda está com o foco errado mas a direção é essa, vai acertando aos poucos.

00:10:17 Entrevistador

E aí normalmente, então, antes os tipos de atividades eram mais resolver problema fechado, com conta e tudo mais.

00:10:25 Professor

Ah, era isso, eu particularmente, tanto é que eu falei eu trabalhava no Filinto, então muitas vezes eu unia o pessoal para correr, cronometrar, ali, fazer algo diferente era relógio, escondo celular, agora o tempo popularizou, mas antigamente não tinha essa questão de celular, então percebe. Por exemplo, muitas vezes eu pegava aula de matemática, eu sempre pego matemática física, então eu tinha problema assim ó "vamos medir quantos metros quadrados tem um pátio e numa festa quantas pessoas no máximo a gente pode caber colocando aí dentro", quer dizer, trabalhava muito foco em experimentação, eu acho isso bacana que o aluno ali, se ele realmente tiver muito interesse, ele vai fundo e se sai bem, tá?

00:11:15 Professor

E é diferentemente do que aqueles antigos questionários. Nossa! eu detestava na época de estudante professoras dava lá 20 questões, ó, 10 vão cair na prova, você ficava decorando meu, esse formato de educação não pode ser mais, e tá sendo adotado muito esse protagonismo, o aluno tá tomando as rédeas. Não muito como eles querem, aluno "ah escolho eu quero fazer isso e aquilo e pronto", não muitos ainda não tem a consciência exata, é... poder chegar igual numa universidade, bom, tem umas optativas eu gosto mais dessa área, vou seguir isso, então isso vai me ajudar, essa também, quer dizer, é festival ah, se eu não gostar eu largo e pronto, principalmente vai acontecer com as itinerários formativos, tá?

00:12:08 Professor

Então, essa questão da educação tá evoluindo, aos poucos tá evoluindo, aquela coisa antiga, o rancio, digamos, antigo, na época funcionava, hoje não, hoje com a rapidez com que as notícias se propagam a evolução da tecnologia, encurtamento das coisas de modo geral, esse tipo de educação não funciona. Ter um aluno sentado ali, duas, três horas concentrado numa coisa, não consegue mais. Por exemplo, tem salas que eu tenho três aulas seguidas, são três formatos de aulas diferentes se eu ficar só três aulas só explicando, na metade da primeira aula logo logo já vagou, já foi, então a primeira aula tem que ser um formato, a segunda aula já é um outro formato, uma outra didática ali pra trabalhar com eles, e a terceira aula um pouco mais descontraída, coisa pra fazerem e tal uma coisa mais light, porque a terceira aula já estão mentalmente muito cansados em relação ao [inaudível] então tem que mudar, então é isso que tem que estar. Cê tem que ter um jogo de cintura e infelizmente a gente tem colegas ainda que estão até hoje nessa, assim, sabe?

00:13:22 Professor

Eu até citei uma questão do questionário que aconteceu, que eu tenho uma filha que estuda aqui então eu tenho uma visão aí de professor como colega e tenho a visão de pai. Essa é de doer (risada)

00:13:41 Entrevistador

É, rapaz, ai ai, e no segundo ano, quais são os conteúdos que você não...

00:13:48 Professor

Segundo ano?

00:13:49 Entrevistador  
Dava e...

00:13:51 Professor  
Bom, o segundo ano não está ainda alterado, tá? Esse pessoal que está no segundo ano está no currículo normal, antigo a mudança está sendo gradativa, né? Do primeiro que está indo agora pro segundo eles vão pegar um novo currículo em ação o pessoal que estava no segundo ano antigo é aquela parte normal mesmo, né? Trabalhar a parte de termologias de modo geral, né? Depois óptica, ondas, esse era o foco, né gente? Trabalhar no modo linear, né? Toda aquela parte de termologia, né? Termometria, calorimetria, né? Pegava um pouco aí de termodinâmica aí depois disso aí, aí botava um pouco aí pra, principalmente ondas estudava um pouco ondas, no modo geral, aí entrava em óptica.

00:14:43 Entrevistador  
E nessa parte você acha que as apostilas estão boas? Costumam usar?

00:14:49 Professor  
Olha, eu uso porque a gente tem que estar, né? Seguindo alguma coisa pelo menos, assim, aquela coisa igual uma bíblia ler um versículo por versículo não dá porque ainda tão tirando muita coisa, era um material muito denso, mas estão tirando ainda muita coisa aos poucos, né? Meio redundante. E adequar um pouco mais ao novo formato porque vão estar, principalmente pro povo que está chegando agora, né? Vai mudar bastante com os itinerários formativos, mas no formato antigo, esses pessoal tinham que ficar terminando agora óptica com eles conseguir chegar ali até, infelizmente, até espelhos esféricos pra entrar na parte de dentes e tal mas se for mesmo as turmas minhas, eu quero ver se pelo menos no começo do ano eu arremato essa parte de lentes, né? Pra fechar a parte de óptica e entrar depois aí na parte de eletricidade o ritmo do terceiro ano.

00:15:58 Entrevistador  
Aí no terceiro ano você trabalha eletricidade.

00:16:02 Professor  
Sim, eletricidade, né? Aí pega magnetismo, né? E entra física nuclear e física moderna esses aí seriam os quatro focos que vão ser abordados, né?

00:16:14 Professor  
Há apostilas atualmente fundindo muito a eletricidade e eletromagnetismo tudo no primeiro bimestre. Eu acho isso um pouco pesado, quiseram cortar conteúdo, mas sabe, eu acho que estão cortando demais se o cara tá alto, ao invés de diminuir o salto dele, estão cortando as pernas, meu. Não pode ser assim eu acho que fica muito denso e no mesmo escola de periferia aqui, em que você tem uma grande parte que trabalha ou que tem até uma formação não tão grande eu acho que deu até pra perceber, acompanhando alguns aí que realmente não estariam no nível ideal sabe, o conhecimento que ele tem, o formato de cultura que ele tem de modo geral não condiz com a série que ele tá. Se você for analisar, ele estaria bem mais atrás em relação ao conhecimento e conteúdos que ele tem. Infelizmente uma escola de periferia tem muito disso, tem muitos alunos que mudam muito, migram de períodos por causa de questão de trabalho, faltas, muitas vezes por causa de tanto falta tem que ficar cuidando do irmão mais novo ou algum caso de doença, ou até questão de trabalhos tem muitos alunos que acabam, se não conseguirem a vaga pra noite que não é sempre fácil, né porque tem um limite máximo na sala então acaba desistindo isso acontece muito, depois quando volta, volta, né aquela coisa é quase

que uma caixa vazia isso prejudica muito o andamento.

00:17:59 Entrevistador

É muito comum que os estudantes tenham 18 anos já no terceiro ano por aqui?

00:18:05 Professor

Agora com essa lei... antes já, bem antiguiinha até, progressão continuada muitos colegas entenderam que não pode repetir, tem que passar. Não é bem assim, não pode repetir, tem que passar tem que ser mais criterioso, tem que ser mais trabalhoso aí você trabalha um pouco mais individualizado com cada aluno e... isso não anda acontecendo infelizmente acontece, de repente chega lá o cara tem 3 no primeiro bimestre, 2 no segundo 4 no terceiro, de repente 10 no quarto bimestre você olha, "nossa, que melhorada que esse cara deu!!" (risada) aí pum, vai lá, 5 de quinto conceito promoveu. Não, esse cara deveria ter sido trabalhado antes, não era assim milagrosamente o cara tirou um 10 ainda bem que a nota máxima é 10, se não tirava 20. Então acontece muitos casos assim precisaria trabalhar um pouco mais com esse pessoal isso é uma das falhas que está tendo então está difícil agora você ver alunos com 18, 19 anos no terceiro ano, se você perceber a grande maioria é 17.

00:19:26 Professor

Por quê? Há uma... houve agora, não né? Agora que já fez uma limpeza étnica aí a respeito dessa questão da idade, mas houve uma preocupação muito séria há tempos atrás casar a idade série, tanto é que era muito comum prova de reclassificação. Um aluno que repetia, por exemplo, segundo ano, chegava em meados de março lá, lascava uma prova de reclassificação, o cara ia pro terceiro. Quer dizer, repetiu, pero no mucho. Aí o que que acontecia? Você tinha um aluno muito defasado, que tava fazendo o terceiro ano, e você viu que tinha graves problemas aí de séries anteriores. E você falou, ah, mas fez uma prova de reclassificação? Mas essa prova era muito fraca. A ideia era realmente reclassificar ele. Uma ideia meio avelada, que ainda persiste um pouco até hoje. Mas tem muito disso. Então, a partir do momento aí, você começa a equiparar idade, sério, tá batendo? Tá, beleza. Se não tá, temos um caso aí que já tá sendo discutido, da aluna fazer prova de reclassificação. E... Problema de gravidez, ela acabou perdendo um ano. Primeiro ano abandonou. Era uma ótima aluna. Voltou agora pro primeiro de novo. Foi promovida pro segundo ano. E já foi comentado com ela, que tem uma possibilidade, né, não com ela, mas com o conselho ali, pra aplicar uma reclassificação nela.

#### [Recomeço do tempo]

00:01:21 Professor

Se olhar bem, ela vai pular uma série. Ela tá no primeiro, vai pro segundo. Então, esse segundo pra ela, se ia ficar prova de reclassificação, quando vai lá pro terceiro, primeiro fez, segundo não, terceiro vai. Então, é natural que vai sentir dificuldade e ter muita defasagem. Então, esse é o grande problema da reclassificação. Muitas vezes, barra na idade, fazendo pular série. Não deveria ser assim.

00:01:53 Entrevistador

Voltando um pouco no ponto do terceiro ano, você falou que no final tem física nuclear e física moderna. Quais que são os tópicos, assim, normalmente, que são discutidos?

00:02:02 Professor

Olha, a forma muito compensada também, que a gente tem que pensar um pouco, né, mas, por exemplo, eu começo a ideia aí com modelos atômicos, do foco histórico, né. Primeiro dos modelos gregos, Dalton, né, aí começa. E eu faço referência a outros que não é tão comum, talvez não tenha sido tão importante na história, na opinião de muitos, mas eu acho que foi evolução. A questão do, inicialmente, que é do Perrin, que é aquele modelo tipo choquito. O

peçoal representa o modelo anterior, né, como sendo tudo elétron, encostado. Não, na realidade era dentro. O de perrin que era tudo por fora. Igual o chocolate choquito.

00:02:49 Professor

Depois, né, o modelo Saturnino, do Nagaoka lá, que era parecendo Saturno, né, que usava tudo grudadinho em volta, como se fosse um roda. Pra daí evoluir, que se você olhar, você vai nitidamente uma evolução. Até chegar no sistema planetário. Então, eu dou muito essa linha histórica. Muito, assim, muito detalhes. Tudo bem, Bohr, é importante, porque até ali tem uma reviravolta muito grande em termos de modelo atômico, né, principalmente a questão que é usada até hoje na química. Então, por isso que a gente tem que se atentar um pouco mais no modelo atômico de Bohr e Summerfeld pra casar um pouco da ideia do pessoal de química, trabalhar um pouco mais nessa parte, né.

00:03:39 Professor

Aí, depois, a questão de reações... Basicamente, a questão de reações nucleares, dando foco nos pontos de perigo que tem isso, com alguns acidentes nucleares históricos que tivemos aí, inclusive até no Brasil, pra mostrar a importância disso, o cuidado que tem que ter. Aí, daí, começa a entrar o foco, né, da química moderna, aí, com... A gente tá na ideia do modelo padrão, aí, toda essa coisa de partículas, tá, mas tem que ser uma coisa bem leve, porque a questão do tempo, por exemplo, se eu tenho uma ideia, esse pessoal do terceiro tava discutindo o modelo padrão. Nem conseguindo chegar aonde deveria chegar, porque, na minha opinião, não adianta correr. Se eu correr, já, anteriormente, querer correr com a postila, acabar a postila, mas ficava sendo um... Grande prêmio aí de Fórmula 1, né, você pega o Hamilton da vida com o cara lá da Fórmula... Sei lá, Fórmula 3? Aquele carrinho lá, sabe? Motorzinho comparado com o Fórmula 1. Quer dizer, com certeza você vai chegar lá na frente, mas o cara tá tudo lá pra trás.

00:04:53 Professor

Então, eu acho que, realmente, tem que acompanhar com o ritmo da turma. Não pode também dar muita moleza, senão o cara patinando. Tá puxando, puxando, puxando, mas sem correr, que senão... E uma coisa que a gente não pode descuidar muito é do pessoal bom. Então, o pessoal bom, você sabe, destoa da turma. Você, quando tem só o ritmo da turma, você tá revirando ele pro baixo também, acaba prejudicando. Então, tem um pessoal aí que a gente vê que é um pouco bom, poucos, né, mas olha, procura ver isso, procura ver isso. Dá uma pesquisada nisso aqui, sabe, dando... Coisinhas a mais pra instigar mais eles.

00:05:38 Entrevistador

Legal, legal, legal. Bem bacana.

00:05:41 Professor

Tem um pessoal, por exemplo, de primeiro ano, já levei pra envolvi... já envolvi com masterclass, pessoal de segundo ano, você vê, nossa, mas de primeiro ano, segundo ano... eles podem aprender. A forma que é dada, independe um pouco de toda a dinâmica do ritmo. Então, é um pessoal que fala, olha, dá pra baixo, procura puxar, é uma forma a mais de estar incentivando até participar, estudar. Então, dessa turma, terceiro, tem umas turminhas, dessa turma, tinha dois que fizeram no segundo ano e teve uma que fez o primeiro também. Então, tá incentivando a cutucar mais, olha, vamos, vamos, vamos, vamos, vamos voar. (risada)

00:06:28 Entrevistador

Boa, boa... E aí você chega a trazer problemas do vestibular pros estudantes, ou acaba sendo bem secundários?

00:06:39 Professor



Olha... Então, uma coisa, uma verdade meio cruel. A escola não tem que preparar para o vestibular.

00:06:49 Professor

É meio cruel isso, eu sei. Mas o próprio material tem algumas questões envolvendo o vestibular. Então, volta e meia eu trago alguma coisa perto da internet que eu acho interessante, olha, daria pro pessoal se apropriar um pouco disso. O que eu procuro muitas vezes é material de segunda fase. Mas não tão pesado, tem alguns aí, que é crime. Até pro próprio vestibulando.

00:07:17 Professor

Alguma coisa que está acompanhando em longe com eles. Mas não é uma coisa que "ah toda aula eu trago um". Não. Toda dinâmica tem tanta coisa que eu estou trabalhando ali, principalmente acompanhar, porque eu estou amarrado ao currículo. Não posso fugir muito dele. Porque se tem as avaliações externas aí, que cobra muito em cima disso. Se o pessoal começa a ir muito mal nas avaliações externas, alguma coisa tá errada. Ou o aluno, ou a forma que o conteúdo está sendo dado ou não dado. Quando nós tivemos casos aí de alunos que... O SARESP foi terrivelmente lá embaixo e depois foi lá. Eu não fico trabalhando, não deixo nada disso pros alunos. Então o aluno chegou em branco lá pra fazer uma coisa que era do conteúdo deles.

00:08:14 Professor

Então, a gente tem, por exemplo, o Saresp, CEAB, que é a antiga Prova Brasil. Nós temos as APs, o estado aplica aí quatro APs em cada bimestre. As avaliações de aprendizagem e processo. Isso aí tá cobrando em cima do currículo. É uma cobrança externa que se é feita. E temos ainda as benditas sequências digitais. São outras provas online que os alunos têm que estar fazendo.

00:08:44 Entrevistador

Caramba, é muita avaliação.

00:08:47 Professor

Exato. E em cima disso, como ficam as minhas avaliações também? Em cima do que eu tô... Quer dizer, que então eu não tenho muito tempo de estar dando também. "Ó, hoje é prova, pessoal. Só lápis, caneta, em cima da mesa."

00:09:01 Professor

Porque eles têm muitas coisas. Tem as diagnósticas logo de cara, no começo do ano. Muitas vezes - esse ano não teve, por causa de pandemia e tal, mas tinha uma diagnóstica final do ano também. E no primeiro bimestre tinha uma avaliação AP, que era final do bimestre tinha avaliação. Cada final de bimestre tinha essa avaliação. Então é muita cobrança. Eu acho que tem que dar um pouco mais de espaço pra aula. Pro aluno. Não é só avaliação, avaliação, avaliação. Senão a gente acaba igual cachorro. É, acaba igual cachorro, correndo atrás do próprio rabo ali, e na hora que morde, dói.

00:09:40 Entrevistador

E você chega a usar essas notas pra compor a nossa disciplina?

00:09:43 Professor

Sim, sim, sim. Aliás, isso é um dos grandes problemas, em que... na... atual conjuntura aí, que tem muita coisa online, português e matemática acaba sendo um dos mais chatos, mais rigorosos, mais carrascos. Porque geografia, história, inglês, essas outras disciplinas, não tem essas avaliações. Essas avaliações são mais focadas em língua portuguesa e matemática. O Saresp agora também, já esse ano englobou ciências também, mas as APs que são aquelas avaliações bimestrais, junto com as sequências didáticas, são só língua portuguesa e matemática.

Só em cima disso.

00:10:29 Professor

Então eu tenho que muitas vezes correr atrás, dando revisões pra essas provas, que o pessoal pega realmente do currículo mesmo. Volto e meio, escolho aquelas questões um pouco mais cabeludas lá da apostila, que eu sei que alguma daquelas lá vai estar lá. Muitas vezes eles pegam questões da própria apostila mesmo. Quer dizer, se o professor não trabalhou a apostila nem nada, ali já é detectado de imediato.

00:11:07 Professor

Porque tudo isso, em cima disso, depois é todo feito em estudo. Principalmente com desenvolvimento, critérios aí, depois de avaliação dos índices da educação, e até proposta dos índices que vão ser usados aí. Por exemplo, o Saesp usa muito isso. A questão até do antigo bônus, que era pago para o pessoal da educação, em cima dos índices da escola. Do IDESP, para cumprimento de metas, para poder receber o non-bônus. Então, esses índices são importantes, né? E a gente tem que trabalhar isso para fazer o que? Para trabalhar para os caras tirarem nota? Não sei. É uma coisa meio estranha, quer dizer, que a escola não é para formar para vestibulares. De repente, a escola virou o quê? Para formar para AP, Saespis, IDEA, Prova Brasil. E, senão, a gente começa só a preparar para isso. Decoreba.

00:12:13 Entrevistador

E aí vem a pergunta difícil, hein? Você falou que a escola não é para vestibular, e parece que é contra formar para AP. Você acha que, na sua opinião, a escola devia ser para o quê?

00:12:26 Professor

Preparar para a vida. E na vida incluir também, sim, a desenvolvimento profissional que é o foco para essas crianças. O que diferencia? Muitos vão fazer curso técnico. Muitos vão fazer uma ETEC, que o grau de exigência são bastantes? São. Apesar que com pandemia deram uma afrouxada aí. Mas não necessariamente uma universidade. Muitos vão fazer um curso técnico e vão se dar bem aí. Outros vão seguir aí algumas profissões que estão a caminho. Só mais a frente aí vai pensar em talvez fazer algum curso. Alguns vão constituir família e por ali não ficar mesmo. Então, se eu partindo por exposto, todos têm que trabalhar nas questões cabeluda do ITA, vou estar desanimando muito mais ainda.

00:13:23 Professor

Mas tem que pelo menos fazer o cara conhecer alguma coisa assim? Tem. Senão eu vou ficar eternamente na tabuada de um ao dez. Não pode. Tem que estar sempre puxando cada vez mais. Mas aquela coisa, a quem eu vou estar puxando? Esse é o grande... Sabe? A grande sacada que a gente tem. Tem alunos aqui que a gente sabe. Está no limite dele mesmo ali. Falei num conselho que eu tive aí ontem um aluno, [Nome do aluno], terceiro ano da noite. Conheço [Nome do aluno] desde o primeiro ano. Ele está no limite dele mesmo. Rende mais nada ali o pessoal "nossa, um cinco, olha lá um cinco chorado.". Não é questão de um cinco chorado. Acho que é ele que chorou para conseguir tirar aquele cinco. Não o professor que chorou para dar um cinco em esmola. Não, não é assim.

00:14:20 Professor

Eu tenho por exemplo uma aluna de [inaúdivel], [Nome da aluna]. O equivalente intelectual dela é o criança de quatro, cinco anos. Aqui a gente trabalha contornar letras. Essa [Nome da Aluna]. Figura. Pássaro, põe a letra P e tal né. Nesse nível de trabalho.

00:14:53 Entrevistador

Mas ela está em qual série agora?

00:14:55 Professor

Ela está terminando o terceiro agora. Ou seja, está na realidade socializando ela. Só que esse ano da pandemia atrasou tudo a ideia que é bonita até socializar pessoas com graves deficiências. Só que por causa da questão de saúde dela, que é meia complicada, ela não poderia estar frequentando aqui. Então, muitas vezes é um atendimento online. Ela, a mãe dela. Ela está...

00:15:26 Entrevistador

Então... Legal. E aí você falou da escola preparar para a vida. E qual seria o papel da física nesse preparar para a vida?

00:15:41 Professor

Cara não faz me dar vexame, olha cada coisa... (risada)

00:15:46 Entrevistador

Mas se você me fizer essa pergunta também não sei responder. (risada)

00:15:50 Professor

Mas olha, por exemplo, você vê uma pessoa pleno verão, sol a 35 graus Celsius, o cara sai todo de preto. Ai você... O

00:16:04 Entrevistador

Faltou nas aulas de física.

00:16:07 Professor

Exato. Você vê lá, põe a água para ferver, a água borbulhando lá e abaixa o fogo. Não, não, senão vai esfriar. Já escutei isso. Ai você olha, meu Deus, o que é isso? Ou uma vez no ônibus uma criança entre o banco e a parede do ônibus, tinha uma ferro no ônibus, formava um ângulo, uma inclinação e a criança prendeu o braço ali. E o pessoal tentando quase arrancar o banco fora do lugar e puxando o braço da criança para cima. Ai acabava machucando mais ainda, porque para cima estava mais fechado. E quanto mais você puxava para cima, mais ia prendendo o braço da criança. Meu, olha, vê, embaixo está mais aberto, mais fácil para sair.

00:16:55 Professor

Então, quer dizer, você perceber situações que você pode analisar com mais calma e usar a física como um recurso aí para não passar vexame tanto como acontece em certas situações. Tentar tapar o sol com a peneira, meu.

00:17:15 Entrevistador

E aí a física moderna entra nesse meio aí?

00:17:17 Professor

Física moderna entraria mais para o cara entender o por trás da tecnologia que ele usa. Quando o cara pega um teclado capacitivo, o que está acontecendo ali? Porque será que o cara com luva não vai funcionar? Poxa, mas por que não funciona? Meu, teclado é capacitivo. (risada). Tem que... Ou então diferenciar uma TV de plasma, de LED. Ah, é tudo igual. Não, meu, por favor. Não são iguais. Pelo menos tem uma noção aí, ó. Plasma é uma tecnologia que engole aí. LED é outra coisa. Comprar uma lâmpada. Olha, meu, usa essas lâmpadas mais econômicas. Ah, mas incandescente é mais bonito, é mais amarela. Não sei. Tudo bem. Nossa, a visão é acostumada mais com essa frequência do amarelo, da do sol na nossa atmosfera aí, mas não quer dizer que você tenha que levar isso a, sabe, a prévios ali, né, a cravos como se diz.

00:18:25 Professor

Então você tem que ter um conhecimento mínimo até para se apropriar das tecnologias. Porque pegar um celular que é mais moderno que o outro, tá, e você vai precisar desse mais moderno para... Tá, que recursos ele tem, que você vai estar usando aí. Ah, de fotos, tira fotos, tem tantas câmeras aí para tirar tantas fotos. Tá, mas viu a resolução? Como que é essa história do montarão de foto aí? Vai funcionar sempre? Como que é? Para que você precisa disso? Muitas vezes você paga um dinheirão numa coisa que você não vai usar. É aquela coisa, assim, uma espreiteira serve para você fazer o seu café da manhã lá na roça, você não precisa de um fogão elétrico meu de seis bocas. Não vai ter utilidade nenhuma, a não ser por status. Aí lá, tá, bonitinho, bacana, aí. E aí? Funciona? Não, não sei, nunca testei.

00:19:39 Entrevistador

E há quanto tempo você está no projeto dos Raios Cósmicos? Com o Marco Leite e tal?

00:19:45 Professor

Desde 2009 ou um pouquinho antes quando o Mari Silvia, né, foi no Masterclass.

00:19:53 Entrevistador

2019 ou 2009?

00:19:55 Professor

2018 que foi conversado comigo no Masterclass. Mari Silva, Marco conversaram que tinha se gostaria de estar participando desse projeto. Eu amei a ideia de cara. Falei que sim, gostaria de participar. Então, inclusive no início era para estar trazendo os aparelhos, os detectores aqui para fazer um rodízio entre escolas, do pessoal que estava participando. Mas aí veio a pandemia, mudou tudo. A vida de todos, foi alterado por isso. Então, oficialmente assim que eu comecei a participar em reuniões foi em 2019. Até uma época eu tinha fraturado o tornozelo. Uma das reuniões eu estou lá de muleta.

### [Recomeço do tempo]

00:01:01 Entrevistador

E era presencial tudo, né?

00:01:03 Professor

As reuniões eram presenciais. Agora a questão da pandemia, atrasou bastante, né? Tudo, o impacto em todas as áreas.

00:01:18 Entrevistador

E aí para dar essas aulas daqui, quando você ia dar a primeira aula do projeto, né? Então, você ia pegar a primeira aula do projeto de Raios Cósmicos. Em média, assim, quanto tempo você gastava para preparar essa aula? Você preparou os slides e tal?

00:01:34 Professor

Eu tinha que fazer essa adaptação. Então, duas adaptações na realidade. Pegar o texto mais acadêmico, embora você pôs toda a forma didática lá, né? Para dar um norte ali. Mas eu tinha que pegar isso, fazer uma adaptação para a realidade nossa aqui. E a outra adaptação, ao meu estilo. Então, eu tinha que fazer essa adaptação. Então, normalmente, para cada aula que eu ia dar, assim, eu passava uma tarde toda ali, mexendo. Procurando figuras e tal, pegando, entender. E ventilar possibilidades de questões que poderiam ser levantadas. Dúvidas que poderiam surgir, né? Para poder ver se eu poderia estar ali à altura de responder no momento. Para não ser pego aí, né? "Ah, não sei." E aconteceu, por exemplo. Como que há essa interação da luz ultravioleta e da quinina? "Olha, eu vou ser sincero. Eu acho que deve ser isso e isso"

teve, teve na base do achismo.

00:02:43 Professor

Eu procurei isso, mas não achei. Infelizmente, né?

00:02:48 Entrevistador

Rapaz, ainda bem que você não jogou essa para mim, que eu também não ia saber não.

00:02:52 Professor

Mas eu respondi assim. "Eu acho, né, que talvez não tenha nível de energia suficiente para fazer a movimentação, né? Do salto do elétron. Ou até se há, não chega a ser uma luz visível que seja produzida. Eu calculo nessa linha aí. Ou talvez a luz do trivioleta não gere reação nenhuma em função do cloro ali. Ou a quinina com cloro gere um outro elemento que não interaja com a luz do ultravioleta."

00:03:23 Entrevistador

É, eu acho que é mais essa daí.

00:03:27 Professor

Mas que eu procurei, antes eu procurei. Quer dizer, é aquela coisa, né? A gente tem que se preparar e tentar fazer aquele exercício de premonição. Tentar prever alguma coisa que pode acontecer naquele contexto do mundo geral.

00:03:42 Entrevistador

Você comentou um pouco da sua adaptação, né? De adaptar o conteúdo para a forma como você explica. Quando você vai explicar, o que você normalmente pensa assim que, poxa, não pode faltar? O que você pensa assim? Quando você vai preparar uma explicação, né? Então, você vai explicar, sei lá, o chuveiro e os raios cósmicos. Quais são os elementos ali em geral que você acha que são importantes? Eu sei que você gosta bastante de uma linguagem coloquial, então imagino que isso seja um dos elementos e tal.

00:04:14 Professor

Bom, o primeiro passo é não poder fugir da linha dorsal. Então, por mais que eu floreie um buquê, ele tem que ter as rosas ali, que é o padrão. Então, você tem que ter um esqueleto dorsal ali. Isso você não pode fugir dele. A forma que você vai estar explicando, passando isso, aí é seu estilo. Mas tem que tomar muito cuidado para você não sair totalmente fora. Olha, raios cósmicos é igual um raio que cai e pronto. Aí tem chuva. Senão, dependendo da analogia, da forma que você vai explicar, você começa a cair totalmente até no mítico. É uma coisa, igual o cara... Eu vi uma charge esses dias, eu achei um barato. O pai recebeu um pretendente a namorar a filha lá. Ah, minha filha, disse que você gosta muito de astronomia. O cara com o telescópio ali do lado e tal. Ah, sim, eu sou do signo tal com ascendente em tal. (risada)

00:05:14 Entrevistador

(risada) Acaba indo fora né.

00:05:18 Professor

É, parece que é, mas não tem nada a ver. Então, você tem que tomar muito cuidado com isso. Bom, é essa linha que tem que me basear. De que maneira eu vou abordar esse assunto, de tal forma que não fique tão árido, se eu for muito técnico. Mas também que não caia na insignificância da coisa. Fique totalmente sem importância e perdido no meio de todo um contexto que é elaborado.

00:05:48 Entrevistador

Legal, legal, show. E aí, dentre essas oito aulas, em cada uma das turmas, qual você acha que foi o momento que melhor ficou ali para os estudantes? Que os estudantes acharam melhor ou que você gostou mais?

00:06:09 Professor

Quando a gente começa a fazer aquela transição, né, pra começar a apresentar a ideia dos raios cósmicos. Porque aí você dá uma reviravolta, principalmente a gente falando, aquela coisa assim, poder entrar. Você tem que tomar cuidado pra não dar spoiler, né? Porque tinha muito disso. Não, mas essa coisa tinha que se policiar muito pra não falar. Senão, acabava, né, entregando o ouro direto pro bandido. Aí, a partir do momento que já começou a poder usar o linguajar e apresentar a ideia dos raios cósmicos, eu achei bacana. Porque aí você tira aquela ideia do eu acho, uma coisa tão vaga, pra entrar realmente na parte mais específica, que é o que a gente iria abordar, que era raios cósmicos, entrar de cara e coragem com ele mesmo. Aí isso foi interessante.

00:07:05 Entrevistador

E aí, dentro dessas oito aulas, qual que você acha que foi o momento que foi, que menos engajou ali com os estudantes, que talvez precisassem arrumar alguma coisinha aqui, alguma coisinha ali? O que você acha?

00:07:16 Professor

Eu acho que, até pelo fato da resposta que alguns deram, não talvez do projeto, mas da forma até que eu tenho abordado o assunto, explicado pra eles, foi naquela transição onde eles analisarem se os raios cósmicos eram da terra ou de fora da terra. Quando eles começaram a analisar aquelas fichas, decidirem, ó, isso é pra esse, isso é pra esse, e a conclusão que a gente fez de tirar essa. Eu acho que provavelmente muitos ali devem ter escorregado muito nessa parte ali, que a gente tem alguns alunos que tem muita dificuldade de compreensão de texto.

00:08:00 Professor

Então, tem muitos casos que a gente tem que dar um pouco mais mastigado, mas ali é uma coisa que eles vão ter que estar futuramente fazendo, pegar uma coisa, ler, tentar entender e em cima daquilo escrever alguma coisa. Então, nessa parte é um pouco mais trabalhosa, difícil pra muitos de nossos alunos. Então, eu acho, não sei, no vídeo final aí não tive tanto acesso, embora você mandou algumas coisas, mas eu acho que talvez você possa depois fazer essa... Essa análise aí com mais critério, se realmente foi nesse ponto que eles talvez tivessem um pouco mais... Tivessem um pouco mais de dificuldade de realmente pôr no papel essa parte. Porque aí eles tinham que analisar tudo que foi passado, comunicado pra eles, juntamente com uma leitura, e daí fazer uma produção.

00:09:01 Professor

Então, é... É um processo mais longo, mais exigente, e provavelmente muitos tiveram dificuldades.

00:09:10 Entrevistador

Você lembra de já ter dado alguma atividade desse tipo?

00:09:12 Professor

Oi?

00:09:13 Entrevistador

Você lembra de já ter dado alguma atividade desse tipo?

00:09:15 Professor

Envolvendo, assim, raios cósmicos, não. É lógico, leitura de um texto e depois fazerem... Eu já trabalhei a ideia de textos a quatro mãos.

00:09:26 Entrevistador

Como que é? No conheço

00:09:27 Professor

Muitas vezes você dá um tema, e dois tem que estar escrevendo, uma única produção.

00:09:35 Entrevistador

Ah!

00:09:37 Professor

Então... eles têm que decidir entre eles, e depois fazer a análise, pra não ficar um só fazendo e o outro dizer que ajudou. Então, essa parte, depois, final da análise, que faz o cara, deixa eu me envolver aí pra ver o que tá acontecendo, porque na hora de eu ter que falar, explicar, eu vou dançar, tenho que saber do que se trata. Então, é uma forma de a gente se envolver mais, principalmente a relação de duplas, né?

00:10:08 Professor

A pessoa não ficar só ela fazendo as coisas, e o outro só de boa. Ele tem que participar também, de alguma forma, e até ter ação no trabalho, né? Duplas, no grupo, uma coisa que aí fora, muitas vezes, é comum. Você... Não necessariamente você ali junto com a pessoa fazendo o mesmo serviço, mas o outro dependendo do seu serviço, e você dependendo do serviço do outro. Então, na realidade, é um trabalho em grupo. Porque se um furar nessa cadeia aí, o resto desanda.

00:10:43 Entrevistador

Aham. Naquela hora, você ia citar mais alguma coisa, além da atividade de quatro mãos?

00:10:49 Professor

O que eu poderia dar... Atividade de quatro mãos... Eu trabalho muitas vezes assim, principalmente que o foco que é dado no Currículo de Ação, agora novo, é muito aluno pesquisar. Mas não a ideia do Ctrl-A, Ctrl-C, Ctrl-V. Aquela ideia, primeira coisa que aparece no Google, né? Seleciona, Ctrl-A, Ctrl-C copia, Ctrl-V cola e pronto. Tá, eu peço, pesquisa, eu enumero os focos que eu quero que aborde. E depois eu falo, como que isso se relaciona a essas coisas.

00:11:38 Professor

Então, é algo que, semelhante ao antigo, né? Faço uma conclusão, que muitos davam antigamente em uma pesquisa, que o cara tinha que fazer uma narrativa, uma conclusão ali, né? No final da pesquisa, pra não ficar uma coisa meramente copiada. Então, é uma atividade que o pessoal...

00:11:58 Entrevistador

É o Currículo de Ação agora...

00:11:59 Professor

É, eu trabalho muito pesquisa e escrita. É uma forma até dele treinar, saber selecionar o que foi pedido, né? Saber procurar. E depois, em cima, né? Muitas vezes, o que conheceu, o que deu, tem que fazer uma produção. Tá trabalhando um pouco isso também.

00:12:22 Entrevistador

Isso começou mais agora, né?

00:12:24 Professor

É, começou mais agora. Tanto é que se você pegar a postila com a Currículo em Ação do primeiro ano, pesquisa isso, pesquisa aquilo, pesquisa isso, o que você acha de tal coisa e tal. Então, tem muito esse foco. Que é um subterfúgio até de avançar bastante com o conteúdo. Dá aqueles pulos, mas... Quer dizer, se o cara não fizer...

00:12:49 Entrevistador

Se o cara não fizer, ficou pra trás.

00:12:50 Professor

Fica.

00:12:54 Entrevistador

Quer deixar algum comentário final?

00:12:56 Professor

Eu agradeço aí a chance de estar participando do projeto com você. Fiquei bacana, gostei. Espero que tenha desenvolvido aí dentro dos parâmetros que você pensava. E não só os acertos, mas os erros também, que ajude também a dar uma boa... A dissertação aí pra você e desenvolvimento desse trabalho seu aí. E até evoluir aí você nos futuros degraus aí, né? Que não vai ficar só nele, né? Tem que seguir. Tem que seguir pra...

00:13:29 Entrevistador

Espero que ano que vem a gente tenha de novo.

00:13:32 Professor

Não, eu tô falando do doutorado!

00:13:34 Entrevistador

Ah, doutorado também. Espero também que tenha. Então show de bola.



## Apêndice B: Relatos de experiência

Nesse apêndice, apresentamos breves relatos de experiência de atividades que aconteceram no contexto do projeto de raios cósmicos. O primeiro, versa sobre a atividade no curso de formação de professores no USP escola, em julho de 2021. O segundo, versa sobre atividades de extensão realizadas em agosto e em dezembro de 2022, no instituto de física da USP. Os textos são escritos de forma independente do texto da dissertação.

### 1º Relato de experiência – USP Escola: Uma proposta inovadora para o ensino de física de partículas – 03/07/2021 a 24/07/2021

O grupo COSMICO<sup>104</sup> coordenado por Marco Aurélio Lisboa Leite propôs um minicurso para o evento USP Escola, reconhecido por trabalhar com a formação continuada de professores, intitulado “Uma proposta inovadora para o ensino de física de partículas”. Esse minicurso em especial foi coordenado por João Pedro Ghidini. O minicurso ocorreu em 4 sábados de julho de 2021, de forma remota (devido ao contexto da pandemia). Cada sábado era composto por 2 blocos, com duração de 2 horas cada. O professor que ministrou a SEA participou do minicurso.

#### 1º sábado – 03/07/2021:

Bloco A (ministrado por João Pedro Ghidini):

Apresentação breve sobre o que são raios cósmicos, sobre o projeto de detecção e sobre a estrutura do minicurso. Após esse ponto, teve uma pausa para um primeiro questionário preenchido no google forms. Nele, se investigava questões gerais sobre os participantes. Dos 17 participantes, na pergunta **quanto ao gênero**, 12 responderam “masculino” e 5 responderam “feminino”. **Quanto a região**, 9 responderam ser do Sudeste, 2 do Sul, 4 do Nordeste, 1 do Norte e 1 do Norte da Angola. **Quanto ao tempo em que leciona**, 1 respondeu entre “1 a 3 anos”, 4 entre “4 a 6 anos”, 3 entre “7 a 10 anos”, 3 entre “11 a 20 anos”, e, a maioria, 6 responderam “há mais de 20 anos”. **Quanto as aulas que leciona por ano sobre FMC**, 3 responderam “nenhuma”, 3 responderam “entre 1 a 2 aulas”, 3 responderam “entre 3 a 5 aulas”, 7 responderam “entre 6 a 10 aulas” e 1 respondeu “1 Bimestre”. Havia mais questões quanto a pontuação de 1 a 5. Dentre elas, notamos e sintetizamos que se desconsiderar o vestibular, todos acreditavam ser muito importante que os estudantes aprendessem sobre o método científico, e havia uma confiança intermediária quanto a lecionar tópicos de relatividade, quântica e física de partículas.

A aula do bloco A continuou para uma discussão sobre a Inovação Curricular, tocando nos desafios a serem superados – certos discursos de alguns estudantes quanto a valorização de tópicos como economia, direito e etc., em detrimento do conhecimento científico, a desigualdade social e a crise de confiança na ciência, onde por outro lado, as propostas de FMC possuíam valorização do

---

<sup>104</sup> Nome não oficial.

conhecimento. Fala-se então da possibilidade de propostas desse tipo propiciarem o desenvolvimento intelectual dos estudantes.

Ao final, teve mais um questionário, agora quanto ao conhecimento de física de partículas e sobre a ciência. De forma breve, comentamos algumas das informações obtidas com esse questionário: a maioria já tinha conhecimento sobre as partículas do modelo padrão, bem como já tinham ouvido falar sobre raios cósmicos. Quanto a interação entre dois elétrons, apenas 2 demonstraram saber sobre a interação enquanto troca de partículas. Quanto aos histogramas, 3 afirmaram não saber o que eram. Quanto a familiaridade com softwares, a maioria tinha familiaridade apenas com o Excel, mas não com o Jupyter ou similares. Finalizou com uma sessão de perguntas dos participantes do curso.

Bloco B (ministrado por Marcelo G. Munhoz):

Contou com uma introdução histórica à física de partículas, partindo da questão do que as coisas são feitas, comentando sobre a ideia de átomo e iniciando uma discussão mais pormenorizada com os raios X de Roentgen, comentando sobre Becquerel e os sais de Urânio, passando pelo modelo do átomo de Thomson e as radiações conhecidas até então: alfa, beta e gama. Comenta então sobre os trabalhos de Geiger e Marsden, chegando ao modelo de Rutherford. Iniciou então uma discussão sobre os Raios cósmicos e o experimento de Viktor Hess, partindo em seguida para o modelo de Bohr. Discute então sobre Dirac e a anti-matéria, comentando em seguida sobre os aceleradores de partículas em 1929 com Van de Graaf, passando pelo acelerador da USP e abordando o ciclotron. Aponta sobre a descoberta do nêutron com Chadwick, e da anti-matéria com Anderson. Comenta sobre a previsão de Yukawa, quanto a partícula mediadora. Aborda sobre a descoberta do múon pelo Anderson, chegando então ao méson pi em 1947 pelo César Lattes. Comenta sobre os avanços nos aceleradores de partículas em 1952 e o zoológico de partículas. Passa então para o trabalho do Gell-Mann em 1961 (quanto aos quarks), discutindo por fim mais alguns aceleradores e a tabela do modelo padrão. Aprofunda então discutindo sobre o LHC e os diferentes experimentos. Finalizou com uma sessão de perguntas dos participantes do curso.

## **2º sábado – 10/07/2021:**

Bloco A (ministrado por Vitor de Sousa):

O tema da aula era Astrofísica de Partículas (nome da área), Raios Cósmicos (nome histórico). Iniciou comentando sobre o que se quer saber ao estudar raios cósmicos (o que, quem e qual a velocidade – isto é, energia), começando com uma analogia sobre uma pessoa atingida por algo. Abordou sobre três diferentes correlações da energia: com a temperatura, com a massa (Einstein) e com a frequência (quântica). Comentou sobre um artigo de ensino de sua autoria<sup>105</sup>, que utiliza física clássica para discutir sobre os raios cósmicos: utilizando os dados do Eugeer, conservação de momento e centro de massa se reconstrói a direção de origem da partícula.

Discute então que é possível colocar diferentes escalas de energia (com variáveis diferentes: temperatura, frequência, massa e comprimento de onda). Comentou sobre instrumentos de detecção e sobre imagens que se pode inferir do universo a partir das diferentes variáveis comentadas

---

<sup>105</sup> “Cosmic Rays in the classroom”

anteriormente. Aprofundou então uma discussão sobre o Pierre Euger, as pesquisas atuais e algumas perspectivas. Finalizou com uma sessão de perguntas dos participantes do curso.

Bloco B (ministrado por Marco Leite):

A aula era intitulada “Uma rede de detectores de raios cósmicos para o ensino de física de partículas no ensino médio”. Apresentou a proposta do projeto, mencionado as atividades brasileiras anteriores (do E. Hamburger, que utilizava detectores a gás). Comentou então que esse conhecimento possibilita ampliar a visão de mundo e está vinculado com aplicações práticas (dando exemplos). Comentou sobre as diferentes iniciativas ao redor do mundo, bem como alguns eventos como o ICD. Comentou então sobre algumas motivações educacionais (científico tecnológico, cultural histórica e epistemológica). Abordou com calma sobre a detecção de raios cósmicos (a cintilação que é transformada em sinal elétrico, passando por um circuito eletrônico que gera então dados com auxílio de um software). Comentou sobre como se aponta a detecção a partir do sinal elétrico coincidente. Comentou sobre as diferentes posições que o detector pode ficar. Partiu então para a necessidade de sincronização e o papel do GPS. Abordou sobre a conexão das diferentes estações, no qual todos devem ter acesso aos diferentes dados. Comentou então sobre as simulações em desenvolvimento. Comentou sobre algumas atividades nas escolas, abordando sobre uma oficina que ocorreu no IFUSP com professores, bem como sobre possibilidades do detector (as já existentes e as que se consegue com upgrades). Comentou sobre o experimento da água que brilha, como forma de explicar a cintilação. Falou sobre relatividade, relógios atômicos, GPS e múons. Comentou então sobre a medição dos múons e o seu monitoramento. Comentou sobre o projeto do USP móvel. Finalizou com uma sessão de perguntas dos participantes do curso.

**3º sábado – 17/07/2021:**

Bloco A (ministrado por Marisilvia Donadelli):

A aula foi intitulada “Raios Cósmicos nas escolas: conversando sobre atividades experimentais e análise de dados”. Iniciou comentando sobre o início do projeto em sua perspectiva, comentando sobre o Masterclasses hands on particle physics, abordando algumas atividades (experimento ATLAS). Aponta então que seria bom ter algo mais duradouro, sendo esse um ponto forte do projeto. Comentou sobre algumas informações do site, comentando sobre nosso projeto. Comentou sobre a oficina (com professores). Comentou sobre o EEE, sobre o HiSPARC e sobre o ICD. Aprofundou então sobre a medida do fluxo de múons (eventos por unidade de área) e as diferentes geometrias possíveis. Comentou então sobre a medição do chuveiro de raios cósmicos, bem como suas dificuldades. Fez então uma comparativa do detector do cósmico com o detector do ATLAS (CERN). Dedicou um bom tempo discutindo sobre o Jupyter. Finalizou com uma sessão de perguntas dos participantes do curso.

Bloco B (ministrado por João Pedro Ghidini):

A aula foi intitulada “Pensando Raios Cósmicos a partir da história e da filosofia da ciência”. Comentou sobre o objetivo educacional de aprender a ciência e sobre a ciência. O objetivo da aula era apresentar um episódio histórico (o início da pesquisa em raios cósmicos), para em seguida refletir sobre a noção de método científico a partir da filosofia da ciência. Comentou em uma primeira parte alguns elementos históricos apresentados na seção 4.2. Na segunda parte, comentou sobre o que seria o método científico, abordando sobre o verificacionismo, o reducionismo e o

círculo de Vienna. Comentou sobre a ideia de falseabilidade, passando então para a noção de modelo científico. Comentou uma noção geral e depois apresentou “a noção de Giere-Suppe”. Comentou sobre “como julgar os modelos” a partir dessa abordagem. Retornou então ao episódio histórico, aplicando esses recursos filosóficos na compreensão desse episódio.

#### **4º sábado – 24/07/2021:**

Participaram diferentes membros do projeto, com dois assuntos principais: (i) apresentação de um convite para participarem do projeto e (ii) um questionário final, com perguntas abertas e fechadas sobre diferentes assuntos do minicurso. Quinze professores manifestaram interesse em participar do grupo.

## **2º Relato de experiência - COSMICO: Atividade de Extensão – 13/08/2022, 12 e 13/12/2022**

O grupo COSMICO<sup>106</sup> coordenado por Marco Aurélio Lisboa Leite conta com a projeção e construção de detectores de raios cósmicos, software para dados e interface de usuário, desenvolvimento de simuladores, site, redes sociais, ações de divulgação científica e intervenções em escolas. Esse projeto foi aprovado pelo CNPq, intitulado *Rede de colaboração científica entre escola e universidade: as práticas das ciências na perspectiva dos estudos experimentais em raios cósmicos - chamada MCTIC/CNPq No 05/2019: Programa Ciência na Escola*, e também recebeu financiamento da Rede Nacional de Física de Altas Energias (RENAFAE). O projeto conta com a participação de pesquisadores em Física e em Ensino de Ciências de 5 institutos de pesquisa do Brasil (IFUSP, CBPF, IF-UFRGS, IF-UERJ e UFABC), além de professores de escolas de diferentes regiões do Brasil (Sudeste, Norte e Nordeste).

Em 2022, o grupo realizou no IFUSP duas atividades de extensão. Em cada atividade, estavam presentes duas escolas públicas parceiras do projeto. A realização conta com a colaboração de diferentes membros do projeto (incluindo físicos, docentes, estudantes de pós-graduação e de iniciação científica), incluindo o autor desse relato. Nessas primeiras experiências, nossa proposta era ter um cronograma menos rígido, de forma que possibilitasse maior interação dos estudantes com os membros do projeto e o laboratório.

A primeira atividade de extensão foi realizada no dia 13/08/2022, contando com a participação de 6 estudantes (3 de cada escola). Nesse dia, os estudantes visitaram o laboratório com o detector, onde foi explicado o que são raios cósmicos, como funciona o detector, qual o software de interface etc. Nesse processo, os estudantes interagiram com os membros do projeto, onde se utilizou também de certas demonstrações experimentais para exemplificar o funcionamento do cintilador. Em um segundo momento, os estudantes foram apresentados a plataforma Jupyter, onde realizaram algumas primeiras análises de dados.

Ao final, coletamos as impressões desses estudantes a partir da aplicação de um questionário. Através de questões abertas, nota-se que os estudantes tiveram certas dificuldades conceituais. Se

---

<sup>106</sup> Nome não oficial.

interessaram bastante pelo assunto e pela programação. Nota-se também uma baixa demanda por palestras com apresentação de slides.

Na segunda atividade de extensão, realizada nos dias 12/12/2022 e 13/12/2022 participaram em média 15 estudantes, das mesmas duas escolas. Dessa vez, com mais tempo, houve a possibilidade de diversificarmos e aprofundarmos certos aspectos. Duas das novidades foram (1) uma apresentação de alguns experimentos de eletromagnetismo (em especial, envolvendo o eletroscópio) com auxílio do laboratório de demonstrações e (2) uma atividade envolvendo o início da pesquisa em raios cósmicos.

Essa atividade foi extraída e adaptada da pesquisa de mestrado do autor desse relato, sendo anteriormente aplicada em ambiente escolar em dezembro de 2021 (também no contexto do projeto de raios cósmicos). Ela parte da constatação de que (i) nas ações de ensino e divulgação sobre raios cósmicos, em geral se aborda o início da pesquisa nessa área, principalmente através de uma exposição apontando como o experimento crucial de Viktor Hess solucionou o problema da causa do descarregamento indefinido do eletroscópio (ii) é duvidoso se a exposição realmente gera compreensão dos estudantes sobre os aspectos conceituais e metodológicos envolvidos nessa história.

Nessa atividade, realizamos a didatização dos primórdios da pesquisa em raios cósmicos, de forma que dois modelos estivessem em disputa para explicar o descarregamento de um eletroscópio pela “radiação ionizante”: essa radiação teria origem terrestre ou extraterrestre? Tendo isso, sete cartões com descrições de observações experimentais, fatos e hipóteses são entregues aos estudantes. Cada dupla recebe três folhas onde, a partir da leitura dos cartões, devem escrever quais são as contribuições dos cartões para defesa de que a radiação ionizante seja terrestre ou extraterrestre, comparando no final os dois modelos. Nesse processo, a expectativa é que os estudantes trabalhem tanto aspectos conceituais quanto da metodologia científica.

Ao final de cada dia, entregamos questionários aos estudantes. Notamos que os estudantes apreciaram diferentes pontos dos dias – desde a explicação do detector, passando pelas demonstrações experimentais, pela programação e análise de dados, bem como da própria atividade dos cartões. Diferentes partes do que foi ensinado ainda permanecem como desafios. Por outro lado, uma queixa realizada por diferentes estudantes, foi que na visita ao laboratório (que incluía por vezes explicações mais longas), eles precisavam ficar em pé, o que acabava cansando e prejudicando em manter a atenção.

Pra finalizar, gostaríamos de apresentar algumas das respostas dos estudantes quanto a experiência nessas atividades.

**Questão do questionário final:** Você poderia descrever sua experiência nesse evento?

“Ótima, fiquei bem feliz por ter vindo aqui. Todo conhecimento adquirido, a experiência foram muito significativas. Tudo está ótimo, para melhorar? Talvez vir mais vezes e aprender ainda mais.” – Aluna do 1º ano, 13/08/2022

“A parte mais interessante foi defender se a radiação veio da terra ou do universo. As aulas no laboratório poderiam ser muito ~~muito~~ melhor, com assentos para todos. Ademais foi muito bom.” Aluna do 2º ano, 13/12/2022

“Foi incrível, algumas coisas foram um pouco complicadas, mas as explicações ajudaram. Gostei bastante da interação com o pessoal das pesquisas e sobre o assunto, além do ambiente.” – Aluno do 3º ano, 13/12/2022

“As minhas impressões foram boas, e se tivesse eu participaria novamente. Gostei bastante da introdução a programação. Acho que poderiam abranger mais a explicação desde o começo.” – Aluno do 2º ano, 13/12/2022

“É bastante legal e gratificante eu aprendi bastante e que em algum momento eu vou poder utilizar todo esse conhecimento. A impressão foi bem legal e bem legal aqui **e eu espero estudar aqui um dia.**” – Aluna do 1º ano, 13/12/2022

## Apêndice C: Análise Textual Discursiva.

Como discutimos, no capítulo 5 nós realizamos uma análise textual discursiva baseada em Moraes (2003), considerando a transcrição das atividades dos estudantes, a transcrição das entrevistas e as anotações do pesquisador, afim de identificar quais são os obstáculos presentes nessa implementação. Inicialmente, relacionamos os textos desmontados dos dados coletados com as categorias a priori, isto é, os obstáculos de Pietrocola e Gurgel (2017) e de Pessanha (2014) aqui citados. Com isso, houve a emergência de uma nova compreensão dos obstáculos que se manifestam nessa implementação. A seguir, expomos a versão final dos textos desmontados e as respectivas categorias em que foram enquadrados. Lembrando que os obstáculos manifestados são:

[A priori] - **Obstáculo dos Tipos de Atividades Propostas (OTAP):** A resolução de problemas fechados é considerada um método exemplar de desenvolvimento de atividades nas aulas de física. Tentativas de incorporar mudanças na rotina escolar – como a utilização de leitura e interpretação de texto, a comparação entre diferentes ideias, a programação e, até mesmo, a análise de dados – por vezes esbarra em diferentes problemas, seja por parte dos estudantes ou dos professores (PIETROCOLA e GURGEL, 2017).

[Emergente] - **Obstáculo da Concepção Herdada:** é recorrente a constatação, dentro do ensino de física de partículas, que a divulgação científica tem uma grande influência no seu modo de ensino. Isso significa que, dentro do microcosmo do ensino de física de partículas, existe uma didática e uma pedagogia bem estabelecida sobre como ensinar, que para alguns (como nós), é insatisfatório os resultados educacionais, apesar de ser funcional. Os raios cósmicos não fogem à regra. É parte disso: uma exposição sobre o experimento crucial do início da pesquisa em raios cósmicos, a citação das diferentes partículas no chuveiro de raios cósmicos e de suas propriedades e o uso desmedido de analogias para caracterizar as ontologias.

### **Obstáculos Didático-Epistemológicos:**

[A priori] - **Obstáculo do Raciocínio Limitado (ORL):** São formas de pensar limitadas, onde o estudante fica limitado a uma interpretação superficial e descritiva, gerando explicações insatisfatórias. (PESSANHA, 2014)

[A priori] - **Obstáculos do Raciocínio Incongruente (ORI):** O pensamento tende a tirar conclusões que são ilógicas frente aos dados fornecidos (PESSANHA, 2014).

[Emergente] - **Obstáculo da Explicação Única (OEU):** Os estudantes tendem a acreditar que um fato pode participar da formulação de somente um modelo.

[A priori] - **Obstáculo da Estrutura Conceitual (OEC):** Esse obstáculo normalmente ressalta a diferença entre conceitos clássicos e da FMC, principalmente quanto a não-

intuição deles (PIETROCOLA e GURGEL, 2017). Por outro lado, os conceitos trabalhados nessa SEA (como o de radiação, detecção e interação) se encontram na fronteira entre o clássico e o quântico. Por exemplo, o conceito de radiação é trabalhado mesmo nos livros mais tradicionais<sup>107</sup> na parte de ondas eletromagnéticas (física clássica) e, ao mesmo tempo, esse é um conceito que está bem próximo e que ganha notoriedade no início da FMC, cujo significado guarda complicações, principalmente por depender de outros conceitos.

[A priori] - **Obstáculo da Base Ontológica (OBO)**: As entidades na física clássica podem ser construídas a partir do mundo perceptivo, contrariamente as da FMC (PIETROCOLA e GURGEL, 2017). Durante o planejamento dessa SEA, uma de nossas preocupações era quanto a não carregar os problemas da concepção herdada. Isso resulta em os estudantes lidarem com entidades que muitas vezes estão pouco construídas, tal como para os cientistas também estavam ou porque as propriedades são complicadas, cuja caracterização apenas é feita a partir do efeito que elas produzem (e, portanto, das suas propriedades necessárias). Entretanto, por vezes os estudantes não conseguem ter a percepção adequada dessa caracterização a partir do efeito, não conseguindo imaginar, por exemplo, essa entidade sendo “absorvida pela água do mar”. Os estudantes tendem então a utilizar representações inadequadas, como por exemplo, admitem, erroneamente, que as entidades tratadas na SEA poderiam ser visualizadas com instrumentos como um microscópio.

[A priori] - **Obstáculo da Autoridade Instrumental (OAI)**: “Os fenômenos considerados na FMC pertencem a um mundo além dos limites da vida cotidiana: o muito pequeno, o muito rápido, [...] (PIETROCOLA & GURGEL, 2017)”. A interação com esses fenômenos muitas vezes se dá através de um instrumento. Nesse obstáculo, os estudantes tendem a simplesmente mencionar e confiar nesse instrumento, sem saber o princípio de funcionamento. Mesmo efeitos visíveis, como o descarregamento do eletroscópio, guardam certa dificuldade. Outros efeitos, como o de cintilação do detector na passagem de um múon, não são observados pelos experimentadores. Por outro lado, são esses próprios efeitos que indicam a detecção de uma partícula, sendo esse o princípio de funcionamento.

[Emergente] - **Obstáculo da Autoridade Científica (OAC)**: Os estudantes tendem a reduzir o pensamento a uma mera confiança na afirmação do cientista, sem engajar com aspectos conceituais e metodológicos.

## C.1 – Aula 1: Notícia de Jornal

*Quadro C.1 – Extratos do Questionário final: sobre aulas expositivas*

<p><b>2 momentos que mais gostou:</b></p>
---

<sup>107</sup> Ver, por exemplo, o capítulo 17 do livro Os Fundamentos da Física vol. 3, de Ramalho, Nicolau e Toledo.



<p><b>Aluna 6:</b> “Os dois momentos que eu mais gostei foi os dias que o professor explicou sobre a radiação que tem o avião e a aula de hoje, eu amei, foi extremamente interessante.”</p>
<p><b>2 momentos que menos gostou:</b></p> <p><b>Aluno 4:</b> “Os slides, só ouvir da sono”</p> <p><b>Aluno 6:</b> “Teve uma aula que foi muito teorica que não gostei muito”</p> <p><b>Aluna 5:</b> “1 - A aula da atividade em dupla 2 - aulas muito teóricas”</p> <p><b>Aluno 2:</b> “foram nos momentos que não houveram questões, apenas explicações e também nos momentos que eu me sentia "perdido" de certa forma”</p>

## C.2 – Aula 2 e 3: Atividade dos Cartões

Quadro C.2 – Extratos das atividades dos estudantes e categorização: **Cartão 1**

<u>Cartão 1</u>	<u>Categoria</u>
<p><b>Aluno 3 e Aluno 11:</b> “1. Wilson sugeriu que o agente ionizante pode ser de origem extraterrestre”.</p> <p><b>Aluna 10 e Aluno 1:</b> “1 - Eletroscopios descarregam. Com base nas pesquisas de Wilson os agentes ionizantes poderiam ter sua origem extraterrestre.”</p> <p><b>Aluno 8 e Aluno 9:</b> “1 - Ele notou que o eletroscópio descarregava indefinidamente e segundo velocidades muitos variáveis fazendo-o pensar que a origem pode ser extraterrestre”</p> <p><b>Aluno 6 e Aluna 11:</b> “1 - De acordo com a sugestão de Wilson, chegamos a conclusão de serem Raios Cósmicos extraterrestres, pois ele diz que o agente ionizante pode ser origem extraterrestre.”</p> <p><b>Aluna 6 e Aluna 4:</b> “O anexo 1 - Eletroscópios carregam, está se referindo aos Raios Cósmicos são extraterrestres -&gt; No anexo fala que Charles notou que eletroscopio descarregava indefinidamente e velocidades mutios variáveis. "pode ser de origem extraterrestre."”</p> <p><b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “texto 1 -&gt; Extraterrestre = a tese final de Charles t. R. Wilson deixa claro sua opinião sobre os raios ionizantes serem de origem extraterrestre.”</p> <p><b>Aluna 5 e Aluno 4:</b> “A teoria 1 Charles T. R. Wilson fala que a radiação é de origem extraterrestre pelo eletroscópio se descarregar em velocidades muito variáveis.”</p>	<u>OAC</u>
<p><b>Aluno 5 e Aluno 2</b> – “Com base nas "velocidades muito variáveis e com o descarregamento indeterminado do eletroscópio" eu acredito que seja extraterrestre.”</p>	<u>ORI</u>

Quadro C.3 – Extratos das atividades dos estudantes e categorização: **Cartão 2**

<u>Cartão 2</u>	<u>Categoria</u>
<b>Aluno 5 e Aluno 2:</b> “2 - segundo a frase "a radiação foi significativamente reduzida" dando a entender que é algo "controlável" com isso sendo terraquio”	<u>ORI</u> <u>OEC</u>
<b>Aluna 10 e Aluno 4:</b> “2- A Terra está "sugando" a radiação do envoltório.”	<u>ORI</u> <u>OBO</u>
<p><b>Aluno 8 e Aluno 9:</b> “2 - Cientistas cobriram o envoltorio com metais que bloqueavam radiação. Porém, mesmo protegendo, ainda existia radiação ali, <b>fazendo-as pensar que a radiação não vinha da Terra</b>”</p> <p><b>Aluno 6 e Aluna 11:</b> “2 - Visto que o material que emite a radiação foi reduzido ao serem colocados escudos de metais, entendendo-se que estes raios cosmicos são provenientes da Terra.”</p> <p><b>Aluno 8 e Aluno 9:</b> “2 - Cientistas cobriram o envoltorio com metais que bloqueavam radiação. Porém, mesmo protegendo, ainda existia radiação ali, fazendo-as pensar que a radiação não vinha da Terra.”</p>	<u>ORI</u>
<p><b>Aluna 6 e Aluna 4:</b> “O anexo 2 - Será que a radiação está vindo do envoltório? -&gt; para evitar que a radiação fosse emitida pelo envoltório do equipamento, colocaram escudos de metais livres de impurezas radioativas, em volta do contênier do eletroscópio. * A radiação foi significativamente reduzida mas ainda existia.”</p> <p><b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “texto 2 - terrestre = a tese de Rutherford e Cook é de que a radiação esta vindo do envoltorio numa pesquisa o resutlado foi de que a radiação foi significativamente reduzida mas ainda existia.”</p> <p><b>Aluno 3 e Aluno 11:</b> “2. Ao cortar a emissão de radiação por materiais Terrestres houve uma diminuição significativa no tempo de descarregamento do eletroscópio.”</p> <p><b>Aluna 10 e Aluno 1:</b> “2 - será que a radiação está vindo do envoltório Em um envoltório que emite radiação e que mesmo através de estudos e equipamentos colocados em volta deles sua radiação foi apenas reduzida”</p>	<u>ORL</u>

Quadro C.4 – Extratos das atividades dos estudantes e categorização: **Cartão 3**

<u>Cartão 3</u>	<u>Categoria</u>
-----------------	------------------

<b>Aluno 6 e Aluna 11:</b> “3 - Partindo do ponto em que Marie e Pierre chegaram à conclusão de encontrarem materiais na Terra que emitem radiações, sendo o urânio um dos elementos presentes desde a formação do planeta, é <b>conclusivo</b> de que é proveniente da Terra.”	<u>ORI</u>
<b>Aluna 10 e Aluno 1:</b> Colocam cartão 3 na folha do extraterrestre – “3 - materiais emitem radiação Henri becquerel através de suas pesquisas descobriu que sais de urano podem emitir uma radiação invisível que podem descarregar outros componentes elétricos carregados”	<u>ORI</u> <u>ORL</u>

Quadro C.5 – Extratos das atividades dos estudantes e categorização: **Cartão 4**

<u>Cartão 4</u>	<u>Categoria</u>
<b>Aluno 3 e 11:</b> “4. Os raios cósmicos são extraterrestres pois a possibilidade deles se dissiparem no período de 12 horas é baixa.”	<u>ORI</u> <u>OBO</u>
<b>Aluna 10 e Aluno 1:</b> “4 - Será que a radiação vem do Sol? O Sol já era conhecido por emitir radiações e com base nisso hipóteses surgiram de que o Sol poderia emitir raios ionizantes.”  <b>Aluna 5 e Aluno 4:</b> “A teoria 4 era uma hipótese que o Sol emitia raios ionizantes emitindo radiação extraterrestre.”	<u>ORL</u>
<b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “Texto 4 -> Extraterrestre -> a tese defendida no texto 4, de que o Sol não é considerado como transmissor de radiação ionizante é mínima e insignificante, pois a diferença entre experimentos de dia e de noite é pouca.”	
<b>Aluno 5 e Aluno 2:</b> “4 - Eu acredito que seja extraterrestre, pois não importava a hora, ou se o sol estava exposto ou não os raios ionizantes continuaram aparecendo e não diminuiram”  <b>Aluno 6 e Aluna 11:</b> “4 - visto que a radiação vem do Sol, durante a noite, deveria ter menos ou nenhum resquício de radiação. Acredito que por isso seja extraterrestre.”	<u>ORI</u> <u>OBO</u>
<b>Aluna 6 e Aluna 4:</b> “O anexo 4 - Será que a radiação vem do Sol? -> O Sol emite radiação (Luz) * emite raios ionizantes -> PROVENIENTES DA TERRA.”	<u>ORI</u>

Quadro C.6 – Extratos das atividades dos estudantes e categorização: **Cartão 5**

<u>Cartão 5</u>	<u>Categoria</u>
-----------------	------------------

<p><b>Aluna 5 e Aluno 4:</b> “5 - Theodor acredita que a radiação ionizante está saindo da Terra e utilizou a Torre Eiffel que possui mais de 300 m de altura”</p> <p><b>Aluna 10 e Aluno 1:</b> “5 - Através de um experimento foi levantada hipóteses de que a radiação estava vindo da Terra”</p> <p><b>Aluno 6 e Aluna 11:</b> “5 - Em suma, o texto aborda um experimento que quanto mais distante do solo, menor é o descarregamento de raios ionizantes.”</p> <p><b>Aluna 6 e Aluna 4:</b> “O anexo 5 - Teodor Wulf -&gt; Ele supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.”</p>	<u>ORL</u>
<p><b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “texto 5 - terrestre = Duas hipóteses surgiram no experimento de Theodor Wulf, que existiam fontes de emissão na atmosfera e de que a emissão era proveniente do solo.”</p>	<u>ORL</u> <u>ORI</u>
<p><b>Aluna 1 e Aluno 10:</b> “Achamos que as radiações são emitidas de fora da Terra, no pela atmosfera e fora dela. E quando chega na Terra ela é anulada, que nem é falada pelo modelo 5, no qual quanto mais perto do solo da Terra o raio ionizante são descarregado ou anulado, então concluímos com isso que a terra anula boa parte do raio ionizante...”</p>	<u>OBO</u> <u>OEC</u> <u>ORI</u>
<p><b>Aluno 3 e Aluno 11:</b> “5. Aqui temos uma incerteza. <b>Levando em consideração o tempo que o Sol distribui energia para a Terra, é possível que tenha havido uma absorção dessa energia.</b> Porém, como Wulf supôs, a hipótese mais plausível seria a emissão do solo.”</p>	<u>ORI</u> <u>OEC</u>

Quadro C.7 – Extratos do questionário final e categorização: **Cartão 5**

<u>Cartão 5 – Questionário Final (18 estudantes total)</u>	<u>Categoria</u>
<p><b>Aluna 2</b> – “Para pensarmos que é terrestre temos o descarregamento reduzido pela metade tanto no solo quanto a 300m do solo. No caso de ser extraterrestre, vários estudos tinham teorias que na prática funcionou e não apresentou problemas, <b>como o do estudo da Torre Eiffel</b>”</p>	<u>ORI</u>
<p><b>Aluno 11</b> - “A diminuição que ocorreu ao chegar em 300m”</p> <p><b>Aluno 9</b> – “Houve uma diminuição ao se distanciar da terra, teorizando, que era terrestre, mas logo após, houve um aumento conforme subia mais e mais.”</p> <p><b>Aluno 7</b> – “Ele supôs que a radiação ionizante estava vindo da terra a mais penetrante até então. Utilizando uma variação do eletroscópio como conhecido Eletrômetro, tanto no solo quanto a 300m.”</p> <p><b>Aluno 2</b> – “Esta pesquisa mostrou que quanto mais alto menos radiação tinha na terra, então assim se imaginava que a radiação era terrestre. Mas houve outra</p>	<u>ORL</u>

<p>pesquisa que foi mais alto e mostrou que quão mais alto mais a radiação aumentava sendo assim extraterrestre”</p> <p><b>Aluno 5</b> – “a diminuição de menos da metade da radiação quando chegou a 300m”</p> <p><b>Aluno 3</b> – “Aqui temos que Wulf nos fazia pensar que as duas hipóteses seriam possíveis, só que a segunda era mais aceita por conta do intrigante resultado da emissão do solo.”</p> <p><b>Aluna 7</b> – “As duas mas a que ele defende é a hipótese de ser terrestre”</p> <p><b>Aluno 10</b> – “Ele serviu para mostrar que era tanto terrestre quanto extraterrestre no qual ele colocou algo no topo e na base”</p>	
<p><b>Aluno 6</b> – “mais para terrestre pois explica que quanto mais longe do solo esta menor é a radiação e quanto mais perto maior é”</p> <p><b>Aluna 5</b> – “Terrestre pois explica que quanto mais longe do solo esta menor é a radiação e quanto mais perto maior é”</p>	<u>OEU</u>
<p><b>Aluno 4</b> – “O fato dela ser feita por um cientista que teve todo um estudo por trás passa a sensação de ter embasamento e ser um argumento de peso”</p> <p><b>Aluna 4</b> – “Tendo um estudo por trás e um pesquisador dá a sensação de ser um argumento de peso”</p> <p><b>Aluna 6</b> – “A radiação terrestre se modificaria tendo um estudo por trás e um pesquisador dá a sensação de ser um argumento de peso”</p>	<u>OAC</u>
<p><b>Aluno 1</b> – “TERRESTRE: ATRAVÉS DO EXPERIMENTO DE WULF ELE MESMO SUPÔS QUE A RADIAÇÃO ERA DA TERRA. EXTRATERRESTRE: NO TOPO O DESCARREGAMENTO DIMINUIA MENOS DA METADE”</p>	<u>OAC</u> <u>ORL</u>

Quadro C.8 – Extratos das atividades dos estudantes e categorização: **Cartão 6**

<u>Cartão 6</u>	<u>Categoria</u>
<p><b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “Texto 6 - Extraterrestre = a tese defendida por Domenico Pacini, é de que a radiação vem de cima, resultado de pesquisas deram que a absorção dos raios ionizantes pela água mar, que a partir dos resultados, é uma crença de que existe uma causa considerável de radiação ionica na atmosfera.”</p>	<u>ORL</u>
<p><b>Aluna 10 e Aluno 1</b> anotaram na folha terrestre: “6 - com base em vários experimentos forma realizados novas medições diferentes em que uma vinha de cima e que os raios eram absorvidos pelo mar”</p> <p><b>Aluno 3 e Aluno 11:</b> “6. Existe uma diferenciação entre os raios cósmicos e a radiação proveniente do solo “</p>	<u>ORI</u> <u>OBO</u>

<b>Aluna 8 e Aluna 9:</b> “Com base no visto e estudado até o momento, os calculos e pesquisas apontam que os raios cósmicos vem de fora da Terra, penetrando a atmosfera. Como citado no texto 6, “[Parece] a partir dos resultados do trabalho descrito nesta nota que existe uma causa consideravel de ionização na atmosfera, proveniente da radiação PENETRANTE independente da ação direta de substancias radioativas no solo”. “	<u>ORL</u>
<b>Aluna 1 e Aluno 10:</b> Colocam o cartão 6 (Pacini) na folha terrestre (não escrevem nada).	<u>ORI</u>

Quadro C.9 – Extratos das atividades dos estudantes e categorização: **Cartão 7**

<u>Cartão 7</u>	<u>Categoria</u>
<b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “texto 7 - Extraterrestre = A conclusão de Viktor F. Hess é de que o aumento na ionização (deve ser*) com a altura deve ser devido a uma radiação vinda de cima”	<u>ORL</u>

Quadro C.10 – **Atividade dos cartões: aspectos problemáticos nas entrevistas.** Dois dos entrevistados faltaram no dia dessa atividade.

<p><b>Aluno 1 concluiu na atividade que era terrestre</b></p> <p>00:04:57      <b>Aluno 1</b> É que é que tinha um, é, falava, é, falava, tinha dois parágrafos, um falava da Terra e o outro de espaço. Aí eu ficava em dúvida pra colocar.</p> <p>---</p> <p>00:05:09      <b>Aluno 1</b> Acho que é de Urano, acho que perguntava se viria de Urano, não lembro direito.</p> <p>---</p> <p>00:05:22      <b>Aluno 1</b> E o sétimo cartão também foi complicado. Aquilo não lembro bem o que era, mas esse tava complicado. Se eu não me engano, eu coloquei pros dois, se eu não me engano. Eu e minha dupla.</p> <p>00:05:31      <b>Entrevistador</b> Aham... Não, da hora. E aí você lembra qual foi a conclusão que você chegou, né? Você falou que vinha Terrestre ou do espaço. Qual que vocês colocaram?</p> <p>00:05:43      <b>Aluno 1</b> Ah, a gente falou que vinham de ambos, podiam vir tanto do espaço quanto da Terra.</p>	<u>OBO</u>
--	------------

<p>----</p> <p>00:08:10           <b>Entrevistador</b>        Não consigo ver como os olhos, não consigo tocar, ai fica caindo aqui, não sinto nada. Você acha mesmo que estão caindo raios cósmicos em você nesse momento?</p> <p>00:08:21           <b>Aluno 1</b>        Ah, <b>eu acredito que não.</b></p> <p>00:08:24           <b>Entrevistador</b>        Você acha que não?</p> <p>00:08:24           <b>Aluno 1</b>        Não.</p> <p>00:08:26           <b>Entrevistador</b>        Por quê?</p> <p>00:08:26           <b>Aluno 1</b>        Não, acho que assim, raios cósmicos, eles vêm do espaço, mas eles atingem a Terra.</p> <p>00:08:30           <b>Entrevistador</b>        Aham.</p> <p>00:08:32           <b>Aluno 1</b>        No primeiro dia de aula, acho que o Carlos falou isso no primeiro dia, que eles atingem a Terra, então eu acredito que sim.</p> <p>00:08:38           <b>Entrevistador</b>        Então não, ou sim?</p> <p>00:08:40           <b>Aluno 1</b>        É sim, é que no primeiro dia... É que eu não lembro bem o primeiro dia, ele falou sobre isso no primeiro dia, que a minha memória é fraca.</p> <p>00:08:49           <b>Entrevistador</b>        Não, tranquilo. É mais aqui a sua opinião.</p> <p>00:08:51           <b>Aluno 1</b>        Eu lembro que ele falou que, que eles vêm do espaço, mas eles atingem a Terra. Então eu acredito que sim.</p>	
<p>00:07:22           Entrevistador        Extraterrestres. Ah, tá. Então, teve algum momento que você achou que era terrestre, assim? Que você pensou, putz, se pá que é terrestre.</p> <p>00:07:29           Aluno 2</p>	<p><u>OBO</u> <u>ORI</u></p>

<p>Teve. Pela... Pelo cartão da água, que ele colocava na água, e aí ele aumentava a radiação. E pelo da Torre Eiffel que ele foi subindo e... E foi enfraquecendo a radiação. Então, dava para entender que era do Sol.</p>	
<p>00:04:58 Entrevistador Ah, tá. Da hora. E daqueles cartões, você lembra de algum, assim?</p> <p>00:05:03 Aluno 3 Eu lembro que tinha um... Por causa da imagem eu lembro da Torre Eiffel, né? E eu lembro que tinha um dos cartões que ele falava das duas teorias ao mesmo tempo, da extraterrestre e da terrestre. Eu lembro disso. Eu lembro do cartão 2 ser o mais difícil da gente definir e eu lembro também da gente ter definido que eles são de origem extraterrestre.</p> <p>-----</p> <p>00:05:37 Entrevistador Não, da hora. Em algum momento você cogitou que poderia ser terrestre, assim?</p> <p>00:05:43 Aluno 3 Não, não. Porque eu percebi que, assim, primeiro porque a gente fala cósmicos, a gente já pensa em uma coisa mais uau, mais maior, assim, né? Então, eu não tinha cogitado não que era terrestre, sempre foi extraterrestre na minha cabeça.</p> <p>00:05:55 Entrevistador Aham. E aí então não tinha jeito não de você marcar terrestre lá, né?</p> <p>00:05:59 Aluno 3 Não.</p>	<p><u>OEC</u> <u>OTAP</u></p>
<p>00:05:16 Aluno 4 Lembro... Teve cartões, um cartão que só falou realmente que a energia ionizante vinha do espaço, vinha do Sol, que é o que eu falava, vinha do Sol. Tinha um que... Ah, eu lembro bastante, lembro bastante.</p> <p>-----</p> <p>00:05:47 Aluno 4 Hum, mais complicado, acho que teve um de que, teve um que tinha, por exemplo, eu até perguntei a palavra no dia por Carlos e eu não vou lembrar a palavra, mas se você me tiver aí eu consigo até te mostrar. Que tinha meio que um, um recipiente, receptor.</p> <p>00:06:05 Entrevistador Envoltório.</p> <p>00:06:06 Aluno 4 Envoltório, esse era o que eu achei mais difícil, do envoltório.</p> <p>----</p> <p>00:06:38 Aluno 4</p>	<p><u>ORI</u> <u>OEC</u></p>



<p>A minha dúvida, eu tenho sempre, eu tive a ideia que na verdade era extraterrestre, só que dependendo do conceito de envoltório e ele no contexto da pesquisa, aí podia mudar de opinião.</p> <p>00:06:55 Entrevistador Ah, tá. Da hora.</p> <p>00:06:58 Aluno 4 Ainda mais se minha colega trouxesse alguma coisa que fosse diferente.</p>	
<p>- Eles realmente colocaram na comparação o experimento do Wulf.</p> <p>00:05:45 Aluno 6 A gente chegou na maior conclusão que era terrestre.</p> <p>00:05:48 Entrevistador Ah, tá. E aí você... Você lembra mais ou menos por que que vocês pensaram nisso?</p> <p>00:05:58 Aluno 6 Acho que porque... Eu não sei. Eu não sei. Teve uma parte que falava que... Vinha mais da Terra, que... Conforme ele ia subindo, ia se distanciando e ia diminuindo.</p> <p>00:06:11 Entrevistador Aham.</p> <p>00:06:12 Aluno 6 E aí foi a hipótese que a gente vai...</p>	<u>ORL</u>
<p>00:07:55 Entrevistador Ah, da hora. E teve algum cartão desses aí que você achou que era o mais complicado, assim, tipo, ah, esse aqui tá difícil.</p> <p>00:08:03 Aluno 7 Ah, sim. O último, que meteu cálculo. Aí, matemática já não é o meu forte, depois no ensino médio. Aí ficou um pouco confuso. Que ele falou que explica duas teorias, a terrestre e essa terrestre, só num cartão, no último. Aí, então né.</p> <p>00:08:23 Entrevistador Qual que é? O último era qual? Era o do... É que tinha o da Torre Eiffel, tinha o do balão.</p> <p>00:08:31 Aluno 7 Acho que era da Torre Eiffel. Acho que era isso. Ou era os dois. (risada). Mas eu acho que a parte mais complicada foi o cálculo, porque meteu o cálculo lá já dificultou um pouquinho, né.</p> <p>----</p> <p>00:09:42 Entrevistador Mas então é terrestre ou é extraterrestre?</p>	<u>Obstáculo</u> da <u>linguagem</u> <u>OEC</u>

<p>00:09:45 Aluno 7 É terres... é extraterrestre.</p> <p>00:09:47 Entrevistador Ah, tá. Mas aí você anotaria terrestre lá, né?</p> <p>00:09:53 Aluno 7 Ah, nem tanto, né?</p> <p>00:09:55 Entrevistador É, né. Você tava assim, balançando.</p> <p>00:09:57 Aluno 7 Éé... discordancia, né? Até porque tinha uns cálculos. E como eu disse antes, terrestre foi mais didático, foi mais fácil de entender. Mas acho que coloquei essa terrestre, eu ia nela, né? A nova geração, ela é segundo ano, né? Então, vamos confiar nessa geração aí.</p>	
<p>00:05:09 Entrevistador Mas em algum momento vocês pensaram em, tipo, pô, pode ser que seja terrestre ou não, desde o começo, já estava descartado essa hipótese?</p> <p>00:05:16 Aluno 8 Olha, teve um pouco de dúvida entre nós dois. Mas não tinha como realmente que a nós vinha do espaço.</p> <p>00:05:26 Entrevistador Era do espaço, só precisava achar como justificar, né?</p> <p>00:05:28 Aluno 8 É.</p>	<u>OTAP</u>
<p>00:04:30 Aluno 10 Eram sete textos. Você teria que dizer se eles eram extraterrestres ou provenientes da Terra. Aí teve o cinco, que eu me lembro bem, foi da Torre Eiffel. Que, tipo, ele explicava as duas formas. Que de baixo pra cima a energia caiu muito menor. Então a energia era da... Proveniente do espaço. E de baixo pra cima ela era muito menor. Tipo, quando chegava na metade já era quase nula.</p>	<u>ORI</u>

Quadro C.11 – Obstáculos manifestados durante as comparações nas folhas da atividade.

Comparações	Obstáculos
<p><b>Aluno 3 e Aluno 11:</b> “O modelo "Voando com balões" seria o mais apropriado por ter utilizado maiores registros de altura. Tendo assim coletado informações importantes. Conclui-se que após uma certa distância, a energia diminui até distâncias de 1.000 a 2.000 metros, onde é observado um aumento crescente em até 100% a mais que o solo. Ainda assim, a possibilidade dessa emissão ser concedida pelo Sol é descartada por não haver alterações entre os turnos.”</p>	-

<p><b>Aluna 1 e Aluno 10:</b> “Achamos que as radiações são emitidas de fora da Terra, no pela atmosfera e fora dela. E quando chega na Terra ela é anulada, que nem é falada pelo modelo 5, no qual quanto mais perto do solo da Terra o raio ionizante são descarregado ou anulado, então concluímos com isso que a terra anula boa parte do raio ionizante...”</p>	<p><u>OBO</u> <u>OEC</u> <u>ORI</u></p>
<p><b>Aluna 8 e Aluna 9:</b> “Apesar de demonstrar bons argumentos, as teorias e experiências sobre os raios cósmicos vindos do solo não provam ou convencem de que de fato é o ocorrido, não tendo provas suficientes para o demonstrar com exatidão. Então, vê-se que a teoria mais aceita é a de que os raios cósmicos penetram a atmosfera.”</p>	<p><u>ORL</u></p>
<p><b>Aluna 10 e Aluno 1:</b> “Com base nas análises, podemos dizer que a radiação vem da Terra, pois muitos experimentos mostraram que a radiação poderia estar no solo ou até mesmo sendo absorvida pela água ou pelo mar.”</p>	<p><u>ORI</u></p>
<p><b>Aluno 5 e Aluno 2:</b> “O modelo "voando com balões" foi o melhor, pois ele explicou outras "dissertações" e mesmo assim continua subindo a radiação. Quanto mais próximo a "superfície" da terra" mais a radiação subia, e assim pode se comprovar que a radiação vem de fora da terra.”</p>	<p>-</p>
<p><b>Aluna 5 e Aluno 4:</b> “O melhor modelo é o 7 de Viktor Franz Hess, ele concluiu que o aumento da ionização com a altura é devido a uma radiação vinda de cima, desconsiderando o Sol.”</p>	<p>-</p>
<p><b>Aluno 8 e Aluno 9:</b> Para nós o melhor modelo é o extraterrestre e as provas de que a radiação vem de fora é: A altura aumentou o nível, o eletroscopio descarrega de forma indefinida e com velocidades muito variáveis também, os metais da terra não são capazes de anular esse efeito, mas, há provas que essa radiação não venha do Sol pois não houve diferença na alteração do dia e da noite. Essas provas fazem-nos pensar que possa ser de alguma outra fonte vindo do espaço”</p>	<p>-</p>
<p><b>Aluno 6 e Aluna 11:</b> “A mais interessante, acabou sendo o experimento de Theodor Wulf na Torre Eiffel, que levou um detector ao alto da Torre e notou que a radiação era mais intensa no solo.”</p>	<p><u>OTAP</u></p>
<p><b>Aluna 6 e Aluna 4:</b> “Eu e minha dupla entramos em um conceito de que o melhor modelo, foi o anexo 5. 5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel - Ele supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida até então. Ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.”</p>	<p><u>OTAP</u> <u>ORL</u></p>
<p><b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “A opinião da dupla, diz que o melhor modelo é o extraterrestre, pois a forma de fazer um experimento é diferente da forma terrestre. O extraterrestre apesar de trazer resultados demorados, os resultados são mais precisos do que em pesquisas terrestres.”</p>	<p><u>ORI</u></p>

Quadro C.12 – Outra forma de categorizar as comparações realizadas pelos estudantes

Não compararam os modelos.

**Aluno 3 e 11**

**Aluna 1 e Aluno 10**

**Aluno 6 e Aluna 11**

**Aluna 6 e Aluno 4**

Critério para comparação ser a adequação empírica.

**Aluno 3 e Aluno 11:** “O modelo "Voando com balões" seria o mais apropriado por ter utilizado maiores registros de altura. Tendo assim coletado informações importantes. Conclui-se que após uma certa distância, a energia diminui até distâncias de 1.000 a 2.000 metros, onde é observado um aumento crescente em até 100% a mais que o solo. Ainda assim, a possibilidade dessa emissão ser concedida pelo Sol é descartada por não haver alterações entre os turnos.”

**Aluna 8 e Aluna 9:** “Apesar de demonstrar bons argumentos, as teorias e experiências sobre os raios cósmicos vindos do solo não provam ou convencem de que de fato é o ocorrido, não tendo provas suficientes para o demonstrar com exatidão. Então, vê-se que a teoria mais aceita é a de que os raios cósmicos penetram a atmosfera.”

**Aluna 10 e Aluno 1:** “Com base nas análises, podemos dizer que a radiação vem da Terra, pois muitos experimentos mostraram que a radiação poderia estar no solo ou até mesmo sendo absorvida pela água ou pelo mar.”

**Aluno 5 e Aluno 2:** “O modelo "voando com balões" foi o melhor, pois ele explicou outras "dissertações" e mesmo assim continua subindo a radiação. Quanto mais próximo a "superfície" da terra" mais a radiação subia, e assim pode se comprovar que a radiação vem de fora da terra.”

**Aluna 5 e Aluno 4:** “O melhor modelo é o 7 de Viktor Franz Hess, ele concluiu que o aumento da ionização com a altura é devido a uma radiação vinda de cima, desconsiderando o Sol.”

**Aluno 8 e Aluno 9:** Para nós o melhor modelo é o extraterrestre e as provas de que a radiação vem de fora é: A altura aumentou o nível, o eletroscopio descarrega de forma indefinida e com velocidades muitos variáveis também, os metais da terra não são capazes de anular esse efeito, mas, há provas que essa radiação não venha do Sol pois não ouve diferença na alteração do dia e da noite. Essas provas fazem-nos pensar que possa ser de alguma outra fonte vindo do espaço”

Comparam os modelos

**Aluna 8 e Aluna 9:** “Apesar de demonstrar bons argumentos, as teorias e experiências sobre os raios cósmicos vindos do solo não provam ou convencem de que de fato é o ocorrido, não tendo provas suficientes para o demonstrar com exatidão. Então, vê-se que a teoria mais aceita é a de que os raios cósmicos penetram a atmosfera.”

**Aluno 5 e Aluno 2:** “O modelo "voando com balões" foi o melhor, pois ele explicou outras "dissertações" e mesmo assim continua subindo a radiação. Quanto mais próximo a "superfície" da terra" mais a radiação subia, e assim pode se comprovar que a radiação vem de fora da terra.”

<p><b>Aluno 8 e Aluno 9:</b> Para nós o melhor modelo é o extraterrestre e as provas de que a radiação vem de fora é: A altura aumentou o nível, o eletroscopio descarrega de forma indefinida e com velocidades muitos variáveis também, os metais da terra não são capazes de anular esse efeito, mas, há provas que essa radiação não venha do Sol pois não houve diferença na alteração do dia e da noite. Essas provas fazem-nos pensar que possa ser de alguma outra fonte vindo do espaço”</p>
<p><b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “A opinião da dupla, diz que o melhor modelo é o extraterrestre, pois a forma de fazer um experimento é diferente da forma terrestre. O extraterrestre apesar de trazer resultados demorados, os resultados são mais precisos do que em pesquisas terrestres.”</p>
<p><u>Concluíram que a radiação é terrestre:</u></p>
<p><b>Aluna 10 e Aluno 1:</b> “Com base nas análises, podemos dizer que a radiação vem da Terra, pois muitos experimentos mostraram que a radiação poderia estar no solo ou até mesmo sendo absorvida pela água ou pelo mar.” <b>Observação:</b> não encaixaram o cartão 7 em nenhuma folha; talvez tenha sido por falta de tempo.</p>
<p><u>Critério de comparação ser metodológico:</u></p>
<p><b>Aluna 7 e Aluno 7:</b> “A opinião da dupla, diz que o melhor modelo é o extraterrestre, pois a forma de fazer um experimento é diferente da forma terrestre. O extraterrestre apesar de trazer resultados demorados, os resultados são mais precisos do que em pesquisas terrestres.”</p>
<p><u>Critério da comparação ser apenas o experimento crucial:</u></p>
<p><b>Aluno 3 e Aluno 11:</b> “O modelo "Voando com balões" seria o mais apropriado por ter utilizado maiores registros de altura. Tendo assim coletado informações importantes. Conclui-se que após uma certa distância, a energia diminui até distâncias de 1.000 a 2.000 metros, onde é observado um aumento crescente em até 100% a mais que o solo. Ainda assim, a possibilidade dessa emissão ser concedida pelo Sol é descartada por não haver alterações entre os turnos.”</p>
<p><b>Aluno 5 e Aluno 2:</b> “O modelo "voando com balões" foi o melhor, pois ele explicou outras "dissertações" e mesmo assim continua subindo a radiação. Quanto mais próximo a "superfície" da terra" mais a radiação subia, e assim pode se comprovar que a radiação vem de fora da terra.”</p>
<p><b>Aluna 5 e Aluno 4:</b> “O melhor modelo é o 7 de Viktor Franz Hess, ele concluiu que o aumento da ionização com a altura é devido a uma radiação vinda de cima, desconsiderando o Sol.”</p>

*Quadro C.13 – Manifestações durante as entrevistas de que houve colaboração*

<p><b>Aluno 1:</b> “Sim, a gente interpretou bem os textos.”  “É que a gente, é que tinha cartão que servia tanto pra um, tanto pra outro. A gente ficava em dúvida, em qual colocar.”  “</p>
<p><b>Aluno 3:</b> “Foi, foi boa. Foi boa, sim. Eu fiz com o, se eu não me engano, fiz com o [Aluno 11] da minha sala também. Foi boa”</p>
<p><b>Aluno 4:</b> “Sim. Acho que deu pra dividir, mas eram o quê, acho que eram sete cartõezinhos. A gente dividiu uns três, quatro pra cada, cada um viu, leu. Primeiro que todos leram tudo, e aí cada um teve sua opinião. E aí como tinha uma folha só pra extraterrestre e uma outra só pra terra, e aí nós conseguimos</p>

dividir qual que era qual. Cada um, ah, você fica com a extraterrestre, qual que for você coloca, e qual for de terra você coloca. Foi dividir certinho.”
<b>Aluno 5:</b> “00:03:06 <b>Entrevistador</b> Tá lembrando bastante coisa, pô. Tá com a memória boa. E aí nessa atividade que teve, que você falou que foi em dupla e tal, você acha que a dinâmica foi legal, né, com seu amigo?  00:03:14 <b>Aluno 5</b> Foi.”
<b>Aluno 7:</b> “É, foi boa. Foi eu, a menina que eu não lembro o nome, e o [Aluno 3], que é da minha sala. Foi legal.” “Foi. Não, mas ele não se impôs muito. Ele só dava aqueles toquinhos. Mas a gente conseguiu fazer. Bom, ela cuidou da parte da leitu... da escrita, né. Porque, então né, português não é o meu forte, tanto assim, né. Mas deu certinho.”
<b>Aluno 8:</b> “Foi legal, [...]”
<b>Aluno 10:</b> “A dupla foi bem.”

*Quadro C.14 – Manifestações durante as entrevistas de que houve colaboração visando a concretização de ideias*

<b>Aluna 1:</b> “Sim, eu já conhecia, ele era minha sala, meu amigo. Aí foi mais, a gente só foi, a gente leu cada um, né, cada um mandou a sua opinião, falou, ah, eu acho que esse é da terra, ou de fora, aí a gente foi, entrou em um acordo, né, e os dois continuam, foi na mesma conclusão, de que eles vinham fora da terra.”
<b>Aluno 2:</b> “ Funcionou porque... É bom que você teve dois pontos de vista, né? Não só o seu. Porque aí eu tinha um ponto de vista sobre o meu.” “Aí eu falo, não, mas essa... Tá diferente. Mostrou os pontos dele. E assim você consegue ter uma maior conclusão.”
<b>Aluno 6:</b> “É, até que funcionou bem. A minha dupla era uma menina boa, e aí ficou discutindo, e... Então... Foi boa.” “É que em dupla você ainda tem um... Tem um... Uma opinião diferente pra questionar, né? Pra ter certeza. Mas é, pô, melhor em dupla. Na minha opinião.”
<b>Aluno 9:</b> “Bom, teve um momento que a gente percebeu que na Terra teve mais... Nenhum dos cartõezinhos. A Terra era... Eu acho que era a mesmo o da Torre Eiffel. A Terra ele estava com um alto. Aí ele subiu, diminuiu. A gente achou que era possível ser da Terra. E também teve outro dos blocos que ele botou, que foi sobre ele ter falado que eles tentaram fazer o espectrograma, só que mudando o envoltório dele, botando metal. Aí a gente achou que podia ser da Terra, só que as coisas que tem na Terra não eram capazes de... Meio que bloquear essa radiação, fazendo com que as palhetas do experimento continuassem abertas.”

Por volta de 45% dos estudantes citaram explicitamente essa atividade como o momento que mais gostou, número que pode chegar a 67% quando consideramos respostas ambíguas. 22% citaram como o que menos gostou. 80% dos estudantes entregaram a atividade atrasada (além de 45 minutos após o início).

*Quadro C.15 – Manifestações de que houve problema com o tempo*

**Aluno 8 - entrevista:** “Foi legal, acho que o tempo não foi muito, sabe, bom, né. Se fosse um pouco, se o tempo fosse um pouco melhor, a ideia era para a gente desenvolver bem ou melhor.”

**Aluno 3 – questionário final:** [não gostou] Dos momentos em que tive que apressar na escrita a na realização da atividade por conta da falta de tempo

*Quadro C.16 – Outras categorizações possivelmente relacionadas a didática*

Não compreensão de que deveriam subsidiar dois modelos diferentes.

**Aluno 3 e 11** manifestou na folha do modelo terrestre que: “5. Aqui temos uma incerteza. **Levando em consideração o tempo que o Sol distribui energia para a Terra, é possível que tenha havido uma absorção dessa energia.** Porém, como Wulf supôs, a hipótese mais plausível seria a emissão do solo.”

**Aluna 8 e Aluna 9** manifestou na folha do modelo terrestre que: “De acordo com os textos, os experimentos realizados para comprovar que os raios cósmicos são provenientes da terra apenas ajudam, de forma gradativa aprovar que eles na realidade vem da emissão direta de ondas magneticas vindas da atmosfera.”

Não considerar que um dado pode corroborar dois modelos distintos.

**Aluno 3 e Aluno 11** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

**Aluna 10 e Aluno 1** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

**Aluno 5 e Aluno 2** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

**Aluna 5 e Aluno 4** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

**Aluno 8 e Aluno 9** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

**Aluno 6 e Aluna 11** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

**Aluna 6 e Aluna 4** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

**Aluna 7 e Aluno 7** encaixam cada cartão ou em uma folha ou em outra.

Colocam apenas o título do cartão na folha

**Aluna 1 e Aluno 10** colocam apenas o título do cartão em cada folha, sem explicitar qualquer outra informação

Não encaixam explicitamente os cartões em cada modelo

**Aluna 8 e Aluna 9**

Falta de tempo:

**Aluno 8 e Aluno 9** escrevem bem cada cartão, mas na hora do 7 colocam apenas o número.

Compreendem que a dissertação deveria ser o que achou “mais legal”.

**Aluno 6 e Aluna 11:** “A mais interessante, acabou sendo o experimento de Theodor Wulf na Torre Eiffel, Que levou um detector de radiação ao alto da Torre e notou que a radiação era mais intensa no solo.”

**Aluna 6 e Aluna 4:** “Eu e minha dupla entramos em um conceito de que o melhor modelo, foi o anexo 5. 5 - Theodor Wulf na Torre Eiffel - Ele supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra e era composta por raios gama, a mais penetrante conhecida ate então. Ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura.”

Todos os estudantes possuíam clareza do problema a ser enfrentado (entrevistas)
75% dos entrevistados nunca haviam feito uma atividade desse tipo

### C.3 – Aula 4 e 5: Câmara de Nuvens, Demonstração experimental e detector

Quadro C.17 – Questionário final: questão 4

Estudante	Respostas Questão 4	Obstáculo
Aluna 4	Os dois são duas etapas que misturando gera um produto que emite luz	ORL
Aluna 5	A luz negra em contato com a água tônica emite um tipo de luz esverdeada fluorescente, e quando misturado com a candida perde esse "brilho"	ORL
Aluna 6	Os dois são duas etapas que misturando gera um produto que emite luz	ORL
Aluno 1	QUANDO COLOCA A LUZ NA AGUA ELA FICA ROXA POR CONTA DA EMISSÃO. A AGUA TONICA É UM DOS PRINCIPAIS FATORES PARA ISSO ACONTECER POIS SEM ELA A AGUA NÃO BRILHA	ORL
Aluno 2	A cintilação em contato com o muon erradia Luz que não é visível aos olhos nem alguma ajuda, e com a luz negra essa luz invisível pode ser vista	OBO OEC
Aluno 6	Ao passar a luz negra na tônica ela emite um tipo de luz verde com efeito de fluorescência e quando mistura com a candida para de iluminar	ORL
Aluno 10	A experiência serviu para mostrar como que a luz negra reagia. E também que a água sanitária reagia com uma substância e a transformava em fluorescente.	ORL

### C.3 – Aula 6 e 7: Histograma a mão e com o Jupyter

Quadro C.18 – Resposta da questão 1 no Jupyter

<b>“Há algum horário que exista uma variação significativa de detecções?”</b>
<b>Aluna 3 e Aluno 1:</b> Sim. Há momentos em que as detecções são muito baixas e outros que são muito altas.
<b>Aluna 1 e Aluno 10:</b> sim
<b>Aluna 2 e Aluno 9:</b> [Aluna 2] Há, no horário das 13 horas no dia 29 e no dia 30 as 8 horas [Aluno 9] utilizando o gráfico do dia 30 como referência 1) Houve uma variação bem menor do que as outras as 8 horas



<b>Aluno 5 e Aluno 11:</b> No dia 29 há uma grande variação no número de eventos a partir das 14h e no dia 30 a partir das 8h.
<b>Aluna 6 e Aluna 5:</b> No dia 29 há uma grande variação no número de eventos a partir das 14h e no dia 30 a partir das 8h.
<b>Aluno 8 e Aluno 7:</b> entre 4 a 5 horas ha uma variação significativa de detecções.
<b>Aluno 3 e Aluna 7:</b> -
<b>Aluno 4:</b> No dia 29 há uma grande variação no numero de eventos apartir das 14 e no dia 30 isso acontece apartir das 8
<b>Aluna 6 e Aluna 4:</b>
<b>Aluno 2:</b> Sim, houve variações, no dia 29, das 0h ás 14h .

Quadro C.19 – Resposta da questão 2 no Jupyter

<b>Há alguma diferença no número de detecções entre esses dois dias?</b>
<b>Aluna 3 e Aluno 1:</b> Sim. O gráfico do dia 29 ocorre apartir da tarde e possui mais detecções do que o gráfico do dia 30, que ocorre de manhã.
<b>Aluna 1 e Aluno 10:</b> sim
<b>Aluna 2 e Aluno 9:</b> [Aluna 2] No dia 29 há mais detecções no fator horario do que no dia 30 [Aluno 9] sim a quantidade de colunas, os horarios pegaram valores diferentes. no primeiro dia houve uma variação significativa no primeiro horário, e no segundo dia no ultimo.
<b>Aluno 5 e Aluno 11:</b> sim, o número de eventos é maior no dia 30.
<b>Aluna 6 e Aluna 5:</b> sim, o número de eventos é maior no dia 30.
<b>Aluno 8 e Aluno 7:</b> no dia 30 houve mais detecções que no dia 29
<b>Aluno 3 e Aluna 7:</b> -
<b>Aluno 4:</b> Sim, o numero de eventos é maior no dia 30
<b>Aluna 6 e Aluna 4:</b>
<b>Aluno 2:</b> No dia 30, das 6h ás 8h sim, tem diferenças no dia 29 das 0h ás 14h menos de 1000 eventos. E no dia 30 das 6 ás 8 menos de 2000

Quadro C.20 – Resposta da questão 3 no Jupyter

<b>Quantas detecções aconteceram no horário X do dia Y?</b>
<b>Aluna 3 e Aluno 1:</b> No dia 29 ás 14h houveram mais de 5000 eventos, porém, por volta das 16h o número de eventos diminuiu um pouco.
<b>Aluna 1 e Aluno 10:</b> das 16h as 18h do dia 29 aconteceram mais de 5000 deteccoes
<b>Aluna 2 e Aluno 9:</b> [Aluna 2] houveram 5.500 no dia 29 as 14 horas [Aluno 9]: as 4 horas ocorreram cerca de 5500 detecções, e as 8 horas ocorreram cerca de 1800 detecções.
<b>Aluno 5 e Aluno 11:</b> houve 500 detecções um pouco antes das 1h no dia 30.
<b>Aluna 6 e Aluna 5:</b> houve 500 detecções um pouco antes das 1h no dia 30.
<b>Aluno 8 e Aluno 7:</b> as duas horas do dia 30 ocorreram 5394 detecções.
<b>Aluno 3 e Aluna 7:</b> -

<b>Aluno 4:</b> houve 500 detecções um pouco antes das 1:00 no dia 30
<b>Aluna 6 e Aluna 4:</b>
<b>Aluno 2:</b>

Quadro C.21 – Resposta da questão 4 no Jupyter

<b>Vocês acreditam que nessa hora que passamos aqui na sala de aula, esse número todo de múons atravessaram cada um de vocês?</b>
<b>Aluna 3 e Aluno 1:</b> Eu acredito que sim, apesar de não estar os vendo.
<b>Aluna 1 e Aluno 10:</b> [Aluno 10]: acredito que sim [Aluna 1]: acredito que talvez não tenha passado essa quantidade
<b>Aluna 2 e Aluno 9:</b> [Aluna 2] acredito q sim, pois se esta acontecendo em um detector, esta acontecendo conosco também. [Aluno 9] com certeza, somos atingidos a todo instante
<b>Aluno 5 e Aluno 11:</b> não, medindo apenas dois dias em um ano não tem como saber ao certo se nos restantes dos dias do ano serão iguais.
<b>Aluna 6 e Aluna 5:</b> não, medindo apenas dois dias em um ano não tem como saber ao certo se nos restantes dos dias do ano serão iguais.
<b>Aluno 8 e Aluno 7:</b> sim, pois é inevitável dado a quantidade de múons que são detectados por hora
<b>Aluno 3 e Aluna 7:</b> -
<b>Aluno 4:</b> Não, medindo apenas dois dias em um ano não tem como saber ao certo se nos dias restantes do ano será o mesmo número de eventos.
<b>Aluna 6 e Aluna 4:</b>
<b>Aluno 2:</b>

Quadro C.22 – Resposta no questionário final para a questão: “Na sua opinião, quais os casos em que é útil fazer um gráfico Histograma?”

Estudante	Questão 6
Aluna 1	Seria útil fazer na do Theodor, no caso do pesquisador que usou um balão...
Aluna 2	Toda vez que se tem valores para observar.
Aluna 3	É mais útil se montar um histograma quando os valores são absurdos e/ou é necessário haver uma comparação entre eles.
Aluna 4	Quando precisamos de uma representação gráfica
Aluna 5	Quando precisamos de uma representação gráfica, quando há muitos itens
Aluna 6	quando tem muitos dados é necessário fazer um gráfico para ser mais fácil de entender e identificar
Aluna 7	
Aluno 1	EM SITUAÇÕES EM QUE O GRÁFICO POSSUI INFORMAÇÕES DISTINTAS UMA DA OUTRA, ASSIM, O TRABALHO PARA CONSTRUIR FICA MAIS FÁCIL E TAMBÉM O GRÁFICO NÃO FICA MUITO EXTENSO
Aluno 2	Em casos cuja tenha muitas "respostas" sendo assim você acaba tendo que ter uma média e o gráfico Histograma ajuda muito.

Aluno 3	
Aluno 4	Em casos onde se precisa observar as frequências
Aluno 5	Onde há muitas variações numéricas ou quando há muitos valores e é preciso organizá-los
Aluno 6	quando precisamos de uma representação gráfica, quando há muitos itens
Aluno 7	Usados em dados extensos e organização de dados complexos
Aluno 8	O mais comum é para formar um índice demográfico de uma região.
Aluno 9	Quando o valor é muito grande para ser contado sozinho.
Aluno 10	Em pesquisas ou artigos de estudos para fins políticos
Aluno 11	Quando precisamos gerenciar dados muito grandes

## C.4 – Dimensão ampla

Quadro C.23 – Comparativa entre questionário final e inicial: obstáculos manifestados – Questão 3. Estudantes designados com letras do alfabeto (“Estudante K”) são estudantes cujo nome não foi identificado, devido não haver espaço para isso no questionário inicial.

Questão 3 – Questionário inicial (24 respondentes; abaixo apenas os com obstáculo)	<u>Obst.</u>	Questão 3 – Questionário Final	<u>Obst.</u>
<b>Estudante K</b> - Nossos olhos não são a única maneira de identificar partículas, não só única como também a mais eficaz	<u>OBO</u>	-	-
<b>Aluna 1</b> - Eles usam uma "maquina" um tipo de aparelho específico para ver essas partículas...	<u>OAI</u>	<b>Aluna 1</b> - Eles sabem por que tem aparelhos específicos para detectalos, uma tecnologia muito boa, que auxilia na descoberta...	<u>OAI</u>
<b>Estudante A</b> - Estudo e equipamentos são a chave	<u>OAI</u>	-	-
<b>Estudante B</b> - Por meio de equipamentos especializados.	<u>OAI</u>	-	-
<b>Estudante C</b> - "A manchete é ""auto explicativa"" por assim dizer, as partículas são invisíveis a olho nú, mas não a aparelhos de ponta. Ou, se nem mesmo algum aparelho conseguir ver, é possível notar que há algo ali através dos fenômenos que isso causa."	-	-	-
<b>Aluna 2</b> - Sabe-se através de observações feitas com a ajuda de instrumentos próprios para o mesmo.	<u>OAI</u>	<b>Aluna 2</b> - Primeiramente a dedução de algo é importante, mas o que realmente nos ajuda a identificar algo são os aparelhos.	<u>OAI</u>
<b>Aluno 10</b> - Eles sabem pois, á varios instrumentos e ferramentas para estudar e conhecer as partículas.	<u>OAI</u>	<b>Aluno 10</b> - Eles tem os aparelhos necessários para estudar e enxergar essas partículas	<u>OAI</u> <u>OBO</u>
<b>Estudante F</b> - As partículas podem ser invisíveis aos nossos olhos mas nada as impede de serem vistas por microscópios ou camera de super zoom	<u>OBO</u>	-	-
<b>Estudante G</b> - Que muitas vezes essas observações são feitas com	<u>OAI</u>	-	-

equipamentos adequados para cada tipo de observação ou experimento.			
<b>Estudante H</b> - Por causa do microscópio. Ele o ajuda a ver esses pequenos "detalhes" possamos assim dizer.	<u>OBO</u>	-	-
<b>Aluno 1</b> - AS PARTICULAS SÃO INVISÍVEIS A OLHOS NU PORÉM, OS CIENTISTAS POSSUEM EQUIPAMENTOS "ESPECIAIS"	<u>OAI</u>	<b>Aluno 1</b> - "OS CIENTISTAS POSSUEM EQUIPAMENTOS ESPECIAIS AS PARTÍCULAS SÃO INVISÍVEIS APENAS A OLHOS NU COM OS EQUIPAMENTOS É POSSÍVEL VER"	OAI OBO
<b>Estudante J</b> - Que são partículas invisíveis para nós, pois tentamos vê-las a olho nu, porém para os cientistas que possuem diversos equipamentos, isso não é um problema, já que muitos equipamentos tem uma enorme capacidade de visualização que consegue ver mínimas coisas, por menores que sejam.	<u>OAI</u> <u>OBO</u>	-	-
-	-	<b>Aluno 11</b> - Que é usado um detector de raios cósmicos que conta quando os muons atravessam	-
-	-	<b>Aluno 9</b> - "Bom, eu responderia que: Ouve testes para achar essas partículas ou que houve causas prejudiciais para começarem a procurar essas partículas"	-
-	-	<b>Aluna 3</b> - "Eles descobriram isso através de inúmeros experimentos utilizando equipamentos necessários, também é possível notar que há algo lá, apesar de não vermos, através dos fenômenos que as partículas causam"	-
<b>B1</b> - Responderia que à partir de estudos, chegam a esta conclusão. Muitas experiências, observações.	<u>OAI</u>	-	-
<b>Aluno 4</b> - Após muitos estudos e aprimoramento de técnicas eles conseguiram provar que há pequenas partículas em todos os lugares.	<u>OAC</u>	<b>Aluno 4</b> - Não pode ser negacionista, assim como eu confio no médico que me opera, eu tenho que confiar no cientista que estuda	OAC

<b>Aluno 6</b> - Quando se estuda as moléculas do ar, reparamos que ela se movimentam e mesmo sem vélas sabemos que a movimentação acontece.	-	<b>Aluno 6</b> - Que viram por um microscópio ou foram observados em reação a algo	-
<b>Aluno 8</b> - Teria diversas formas para se notar a presença de algo invisível a olho nu, afinal, como conseguimos perceber a existência de raios ultravioletas? Com a evolução constante de tecnologia, vem também a possibilidade de descoberta ilimitada.	<u>OAI</u>	<b>Aluno 8</b> - Eu diria a ele que os cientistas utilizam equipamentos especializados em encontrar essas partículas	OAI
<b>Aluna 4</b> - Não pode ser visto a olhos nus mas através de um aumento por meio de lentes poderá ser visto	<u>OBO</u>	<b>Aluna 4</b> - Porque os cientistas estudam sobre o assunto, então eles sabem coisas que não sabemos	<u>OAC</u>
<b>Aluna 5</b> - Acredito que todas as coisas possuem alguma partícula, mas nem todas conhecemos, por isso os cientistas as estudam e muitas vezes enxergam o que não percebemos.	<u>OAC</u>	<b>Aluna 5</b> - Os cientistas enxergam coisas que nos não percebemos, através dos equipamentos que usam para estudo, "microscópio"	<u>OAI</u>
<b>Aluno 7</b> - Não sei. Talvez eles olham partículas separadamente, Assim por um experimento generalizão.	<u>OBO</u>	<b>Aluno 7</b> - Não sei, mas creio que cientistas antes de publicarem tal tese tem um período intenso de veracidade	<u>OAC</u>
<b>Aluno 2</b> - Que eles usam microscópios, que conseguem olhar itens muito pequenos, que com a nossa visão não é possível enxergamos.	<u>OBO</u>	<b>Aluno 2</b> - Eu responderia da seguinte forma, nem tudo que existe nós conseguimos enxergar, por exemplo a vida foi formada por múltiplos fatores e a radiação é uma delas e nós não conseguimos enxergar essa radiação	-
<b>Aluno 5</b> - olhando por uma lente especial, como a de um microscópio	<u>OBO</u>	<b>Aluno 5</b> - Com equipamentos específicos que detectam essas partículas, por exemplo um detector de raios cósmicos	OAI
B10 - Que qualquer coisa possui alguma partícula, mas que tem muitas coisas que não conseguimos ver, já os cientistas sim, até porque estudam sobre o assunto	<u>OAC</u>	-	-
<b>Aluna 6</b> - Eu responderia que sim, os cientistas sabem quando realmente tem partículas, basicamente tudo tem	<u>OAC</u>	<b>Aluna 6</b> - Sim, eles conseguem captar qualquer coisa até porque	<u>OAC</u>

partícula, portanto eles ainda sabem muito mais porque estudam sobre isso.		estudam com isso e fazem diversas experiências	
<b>B12</b> - Muitos físicos obtiveram muitos resultados com pesquisas anteriores, o que possibilitou com que atualmente possamos ter acesso à tecnologia suficiente para observarmos essa, e diversas outras situações, onde muitos testes são feitos para chegar nesse resultado.	<u>OAC</u> <u>OAI</u>	-	-
-	-	<b>Aluno 3</b> - Acredito que, apesar das partículas não serem visíveis, elas podem ser sentidas e também testadas com a intenção com outras partículas. Isso possibilita aproximar que realmente há uma partícula ali.	-
-	-	<b>Aluna 7</b> - através de equipamentos adequados para a observação	<u>OAI</u>

*Quadro C.24 – Obstáculos presentes nas entrevistas quando questionados sobre algo como “É, então vamos imaginar coisa, né, imagina que teve um amigo seu que se deparou com uma notícia, aí tinha a seguinte coisa na notícia, cientistas descobrem uma nova partícula chamada neutrino. Aí ele começa a ler essa notícia e tal, aí chega um ponto que fala o seguinte, só que tem um ponto, a gente não consegue enxergar o neutrino. Aí ele volta pra você e fala, caramba, como que pode isso, né? Falaram que tem essa partícula neutrino, mas não dá pra enxergar, como que eles sabem que tem ela mesmo? Aí o que você responderia pra ele?”*

Trecho da entrevista	Obstáculo
<p>00:11:29 Entrevistador E aí, na tecnologia é um pouco, quase como um microscópio, assim, que você olha?</p> <p>00:11:33 Aluna 1 Sim, é como se fosse um microscópio ultra-avançado, vamos dizer assim, que você consegue ver, não ver, mas perceber coisas que você não consegue ver a olho nu.</p> <p>00:11:44 Entrevistador Mas aí, então, ver, ver não dá, né?</p> <p>00:11:46 Aluna 1 Ver a olho nu, não, mas estudar eles na tecnologia, algumas coisas aí, sim, a gente consegue perceber eles.</p>	OAI
<p>00:08:24 Aluna 2 Bom, hoje em dia nós sabemos que tem equipamento pra basicamente tudo, né? Qualquer coisa que você especula que tem ali, pra você conseguir enxergar, você vai ter que construir o equipamento. Então, acredito que se eles confirmaram isso, foi porque teve toda uma pesquisa por trás, algo pra se embasar e o equipamento necessário pra enxergar.</p> <p>00:08:41 Entrevistador Certo. E aí o equipamento seria meio que de ver, assim, tipo um microscópio, como que você vai ver, né?</p> <p>00:08:51 Aluna 2 Eu acho que pra esse caso é um pouco mais difícil, né? Assim, microscópio pra você realmente ver. Se fosse, teria que ser um muito poderoso, eu acho que seria mais alguma coisa relacionada a ondas.</p>	OAI
<p>00:06:21 Aluna 3 Assim, não é nem tanto... Pode ser também por causa dos equipamentos, apesar de não ser visível a olho nu. Pode ser visto através de equipamentos profissionais, mas também pelos efeitos que essa partícula pode causar. Mesmo a gente não sabendo que tá lá, ela tá fazendo alguma coisa. Então tem que ter alguma coisa lá, a gente pode não estar vendo, mas... Tá tendo um efeito, eu não to sabendo explicar. Mas eu acho que você tá entendendo, né? Tá causando algum sintoma, alguma coisa ali que tá mexendo. Aí eles estudaram, pesquisaram e com os equipamentos conseguiram chegar.</p>	-
<p>00:07:02 Aluno 1</p>	OAI



<p>No meu ponto de vista, pelo que eu entendi, não dá pra enxergar a olho nu. Mas cientistas, eles possuem equipamentos especiais que podem ver melhor.</p> <p>00:07:11 Entrevistador E aí como que é esse ver melhor aí?</p> <p>00:07:14 Aluno 1 Os equipamentos, eles facilitam pra ver as coisas, tipo telescópio, entre outros equipamentos que eles possuem.</p> <p>00:07:22 Entrevistador E aí tipo, se eu olhar no telescópio, será que...</p> <p>00:07:24 Aluno 1 É, e outros equipamentos. É que possuem vários. E aí nos estudos.</p> <p>00:07:30 Entrevistador Da hora.</p>	
<p>00:09:58 Entrevistador E como seria mais ou menos esses aparelhos assim?</p> <p>00:10:02 Aluno 2 Ah, como... Tem várias formas, como que nem o experimento que foi mostrado, que nem o da água. Que botando a luz na água, tem o negócio da água que você está filmando, que dá pra ver de acordo com o contato com a luz. A luz ultravioleta. Aí, mais ou menos dessa forma.</p> <p>00:10:26 Aluno 2 Que nem o acelerador de partículas, se não me engano, ele tem que jogar uma folha de... Uma folha de... Folha de... Acho que é ouro, se não me engano. Joga e você consegue enxergar ele passando. Os olhos de... Os raios passando.</p> <p>00:10:40 Entrevistador O acelerador de partículas você estudou em algum outro lugar?</p> <p>00:10:43 Aluno 2 Estudei, eu fui na... Eu fui na USP.</p> <p>00:10:47 Entrevistador No Masterclass?</p> <p>00:10:48 Aluno 2 Isso.</p>	-
<p>00:08:18 Aluno 3 Provavelmente por conta do comportamento dela, né. De repente com outras partículas, ou então até com ela mesma. Ela pode se comportar de uma maneira que entregue que ela tá ali, não necessariamente com a visão. Visualmente.</p>	-
<p>00:08:41 Aluno 4 Eu lembro que teve uma atividade que teve essa pergunta, foi, acho que a primeira que eu fiz foi essa. E aí eu coloquei que, tipo, por exemplo, falam que você não pode ser negacionista. Falam que a Terra é redonda.</p>	OAC

<p>Beleza, eu não consigo ver, tem, claro, jeito que eu consigo ver que a Terra é redonda, mas aqui, eu e você agora, se nós olhasse para o horizonte, nós ia ver plana.</p> <p>00:09:14 Aluno 4 Mas aí, só o que eu vejo que é verdade? não. O cara lá, o cientista que foi capacitado, fez um monte de pesquisa, foi, foi para o jornal, tá falando, beleza, do mesmo jeito que eu vou no médico, eu tenho que confiar no médico, que mesmo que eu não tenha visto nada, ele viu lá, tipo, um ultrassom, que, pô, minha mulher tá grávida, por exemplo, mesmo eu não tô vendo nada, tenho que confiar no que ele sabe. E aí, é do mesmo jeito, se ele traz provas para a sua teoria, e tem que, sabe, confiar no estudo, nos estudos.</p> <p>-----</p> <p>00:10:06 Entrevistador Para descobrir uma partícula qualquer, tipo, neutrino.</p> <p>00:10:10 Aluno 4 Ah, eu imagino que seja num laboratório, um ambiente controlado, que não entra qualquer gás, não entra, cada gás que entra e sai é meio que controlado. É isso, um laboratório controlado.</p>	
<p>00:08:35 Aluno 5 Tipo, se fosse antes desse negócio, eualaria que seria com, tipo, sei lá, como é que é o nome? Aquele negócio aqui. Povo olha aqui, assim. É...</p> <p>00:08:45 Entrevistador Microscópio?</p> <p>00:08:46 Aluno 5 Microscópio. Antes do negócio eualaria isso. Só que depois, tipo, eu descobri que tem sensores, né? Então eualaria que, tipo, existia equipamentos especiais pra detecção desses... Desses... Como é que é?</p> <p>00:09:00 Entrevistador Neutrinos.</p> <p>00:09:01 Aluno 5 Desses neutrinos, é. Aí seria tipo um sensor. Que nem os raios cósmicos lá, que identificam os raios. Explicaria assim.</p>	OAI
<p>00:07:46 Aluno 6 Que... Que ele fez lá do... Que levanta a pazinha. Ele levanta os dois... Os dois...</p> <p>00:07:53 Entrevistador O eletroscópio?</p> <p>00:07:54 Aluno 6 É.</p> <p>00:07:55 Entrevistador Não sei. É porque o neutrino mesmo a gente acabou não vendo no curso, né? Mais pra você extrapolar assim, sei lá, imaginar. Ah, talvez tenha um</p>	-

<p>equipamento tipo esse.</p> <p>00:08:06 Aluno 6 É. Ou colocaram... Alguns materiais e sofreram alguma... Modificação por causa do... Dessa partícula.</p>	
<p>00:12:37 Entrevistador Que mudou a ciência. E esses experimentos, é o que? Você tem um microscópio ali, pra gente dar pra enxergar?</p> <p>00:12:48 Aluno 7 Acho que um microscópio não seria o suficiente pro tamanho da partícula em questão. Então, creio que foi algo bem minucioso. Como o circuito de reação de partículas, que eu esqueci o nome, não me vem à memória.</p> <p>00:13:05 Entrevistador Acelerador.</p> <p>00:13:06 Aluno 7 Sim, o acelerador. O meu digníssimo amigo disse isso, né? Um acelerador de partículas foram provavelmente usado isso, que chegou a tal conclusão.</p>	OAI
<p>00:07:00 Aluno 8 Ah, que eles utilizaram equipamentos que captam radiação e tudo mais. Eu acho que essa é a primeira ideia que veio na minha cabeça pra isso.</p> <p>00:07:08 Entrevistador Aham. E aí como que seriam esses equipamentos? Você consegue ver assim? Seria meio que um microscópio?</p> <p>00:07:19 Aluno 8 Tipo uma... Aqueles equipamentos que rastreiam calor, eu não sei o nome, seria igual isso, sabe? Você conseguiria ver por conta da radiação que ele transmite?</p>	OAI
<p>00:10:36 Entrevistador E essa forma de esses instrumentos, esses experimentos, seria mais ou menos como, assim, você imagina? Um microscópio ou outra coisa?</p> <p>00:10:45 Aluno 9 Bom, eu acho que microscópio ainda estaria muito distante, porque microscópio ele consegue ampliar, mas ele não consegue enxergar coisas que não são visíveis a tanto olho ou assim. Mas eu acho que pode ser por experimentos, por exemplo, de própria energia. Ele vê que a energia, pelo menos no experimento que o professor Carlos nos mostrou, que teve em envoltório, teve onde ele botou a energia, e abriram as palhetas. Mas mesmo assim ainda houve uma diminuição de energia e as palhetas voltaram a se encostar.</p> <p>00:11:22 Aluno 9 Então, como eles perceberam que as palhetas voltaram a se encostar, mesmo mudando em envoltório, mesmo mudando o jeito de ir com a energia, e vendo se não podia ter uma descarga diferente, poderia ser da radiação. Então eles começaram a perceber por experimentos em si básicos, e depois foram começando a se aprofundar mais.</p> <p>00:11:44 Entrevistador</p>	-

<p>Seria meio que pelos efeitos, né?</p> <p>00:11:46 Aluno 9 Sim.</p>	
<p>00:07:32 Aluno 10 É, porque tipo, eles estudaram bastante sobre o assunto. Talvez os equipamentos que eles tinham não enxergam de... Eles não enxergam exatamente o que eles querem ver. Porque nem todos os equipamentos você consegue enxergar algo microscópico. Aí poderia ser essa resposta. Tipo, eles não têm os aparatos pra conseguir enxergar mais a molécula.</p> <p>00:07:54 Entrevistador Mas ainda assim ela tá lá.</p> <p>00:07:57 Aluno 10 Ela tá lá, ela existe.</p>	OAI

*Quadro C.25– Obstáculos presentes nas entrevistas quando questionados sobre algo como “E aí tem um outro amigo, que esse amigo, ele gosta mais de brisar, né? Ele tá ali, aí ele chega aqui, aí ele vê a mesa, aí ele fala, hum, tá aí, a mesa existe. Aí você fala, pô, óbvio, né? A mesa existe. Aí ele fala, não, mas a mesa existe porque eu consigo tocar nela, tal, consigo enxergar ela. Mas quando a gente tá pensando sobre raios cósmicos, a gente tá falando de coisas que estão mais fora da nossa percepção, né? Eu olho pra cima e não vejo esses raios caindo, eu estendo minha mão também no sinto. E aí, na sua opinião, assim, a forma como você enxerga o mundo, você acha que existem mesmo esses raios cósmicos?”*

Trecho da entrevista	Obstáculo
00:13:10 Aluna 1 Ah, quem pode dizer que sim, né? Quem pode dizer que não? (risada). Se eu for lá fora, quem me garante que não vai cair em mim? Ele vai se dissolver em outras partes. Se dissolver entre aspas, né?	OEC
00:09:54 Aluna 2 Sim. Tanto porque, como a gente falou, teve um estudo por trás disso. Então, eu acho que se teve algum ponto pra alguém chegar e analisar isso, eu queria saber também como que a pessoa imaginou que teria esses raios. Eu acho que teve alguma coisa ali que ele percebeu e acabou desenvolvendo	OAC
00:07:55 Aluna 3 Sim, uma boa comparação seria o oxigênio. A gente não vê ele, mas a gente usa ele, precisa dele pra viver, né? Mas a gente não vê ele constantemente, o vento também. Apesar da gente não sentir ele, ele tá lá. Entendeu? É isso.	-
00:08:21 Aluno 1 Ah, eu acredito que não.  00:08:24 Entrevistador Você acha que não?  00:08:24 Aluno 1 Não.  00:08:26 Entrevistador Por quê?  00:08:26 Aluno 1 Não, acho que assim, raios cósmicos, eles vêm do espaço, mas eles atingem a Terra.  00:08:30 Entrevistador Aham.  00:08:32 Aluno 1 No primeiro dia de aula, acho que o Carlos falou isso no primeiro dia, que eles atingem a Terra, então eu acredito que sim.  00:08:38 Entrevistador Então não, ou sim?	OBO

<p>00:08:40 Aluno 1 É sim, é que no primeiro dia... É que eu não lembro bem o primeiro dia, ele falou sobre isso no primeiro dia, que a minha memória é fraca.</p> <p>00:08:49 Entrevistador Não, tranquilo. É mais aqui a sua opinião.</p> <p>00:08:51 Aluno 1 Eu lembro que ele falou que, que eles vêm do espaço, mas eles atingem a Terra. Então eu acredito que sim.</p>	
<p>00:11:41 Aluno 2 Ai... Eu acho, eu tenho quase certeza, porque... Nem tudo é formado só de uma coisa. Tudo são várias coisas que acabam formando algo. Que nem a vida. E eu acho que se não tivesse os raios cósmicos, acho que a vida nem existiria. Porque, de certa forma, os raios cósmicos, por ser um grupo de radiação, eles podem ter tido o início da vida na Terra. Então, eu creio que existe alguma forma. Eles podem fazer mal, mas podem fazer o bem também.</p>	-
<p>00:09:21 Aluno 3 Bom, não sei, porque assim, é um assunto, confesso que é complexo, mas eu acho que eles existem sim, eles estão ali. A gente só não consegue ver, mas a gente consegue testar se eles estão ali. Eu acho que isso que é interessante, a gente consegue pegar algum outro objeto e sentir que eles estão ali. Ou então perceber, mas não vendo. Eu acredito que sim.</p>	-
<p>00:11:21 Aluno 4 Eu não vejo que os raios estão caindo, mas eu vejo que se eu ficar numa praia por muito tempo, eu vou começar a queimar. É os raios ultravioletas do sol vindo na minha pele. Se eu ficar olhando pro sol, assim, por que eu não consigo olhar pro sol? Porque os raios vindo no meu olho.</p> <p>00:11:40 Aluno 4 Então, nem tudo realmente é o que eu posso tocar ou ver, mas se eu parar pra ver, está um presente no nosso dia a dia.</p>	-
<p>00:10:45 Aluno 5 Eu não sei responder. Porque, tipo, pra mim esses raios cósmicos que você falou, vem lá de fora, entendeu? Pra mim, pra ele estar nesse ambiente aqui, eu acho... Pode estar falando bosta, mas eu acho meio complicado, não sei, entendeu? Mas se fosse em um lugar aberto, em um ambiente aberto, eu acreditaria que estaria assim.</p>	OEC
<p>00:09:20 Aluno 6 Eu acredito que sim, né? Porque pelo que a gente viu nos estudos lá dos aviões sofrendo bastante influência... Deve ser porque pessoas também devem ter sofrido danos no corpo. E também a questão do raio-x, né? O raio-x também libera radiação também. Aí tanto que tem umas comparações que a mão dos caras que faziam raio-x... Cava até, perdiam as pontas do dedo, a unha... Por causa deles. Nois não vê... Mas sofre a mudança.</p>	-
<p>00:14:32 Aluno 7 Bom, aí você coloca uma encruzilhada. Esse digníssimo amigo me colocou em duas vertentes. Mas, como eu gosto de filosofia, né? Já diria duas teorias. Temos o mundo material e o imaterial. Então, eu digo que provavelmente existe. A gente pode limitar a nossa capacidade visual, mas a está linha ainda. Então, são ideias que passam do nosso ser. São transversais.</p>	-

<p>00:15:07 Entrevistador Então, nesse momento, você acha que tá caindo raios cósmicos em você?</p> <p>00:15:11 Aluno 7 Bom, pode ser. Pode estar caindo em todo momento, né? Essa é a questão. Só basta ter o equipamento.</p>	
<p>00:08:31 Aluno 8 Eu acho que sim.</p> <p>00:08:33 Entrevistador É?</p> <p>00:08:36 Aluno 8 É, tipo, essas pessoas que não estão dentro desse ambiente estão muito familiarizadas com isso, meio que ficam incrédulos com essas coisas, mas eu acredito que existe sim.</p>	-
<p>00:12:34 Aluno 9 Bom, eu acredito... Pela minha opinião, eu acredito sim, porque... Até pelos próprios testes já foram comprovados, mas tirando isso de lado, eu acredito porque... O mundo é muito vasto, então a gente não sabe tudo o que acontece, tanto aqui na Terra quanto no espaço. E pra fora, muito mais, passando da nossa galáxia, tudo. Mas... Eu acho que existe sim, na minha opinião existe sim. Mesmo não podendo tocar, nem ver, nem sentir. Se foi comprovado que existe, e tão tendo teorias que existe, e tá tendo até casos de pessoas que tão acabando ficando mal por causa disso, é que existe.</p>	-
<p>00:08:56 Aluno 10 Tem, porque tipo, se eles estudaram, fizeram estudos e encontraram que realmente existe. Com a opinião de uma pessoa que não estudou, não vale de nada. Tipo, se esse amigo, ele não tem o conhecimento que um cientista ou físico tem, não voga. A resposta dele pode ser, na concepção dele, pode ser o certo. Mas de acordo com a física, existe, tem como provar que eles existem. Tem as chuvas dos raios, que tipo, os aviões eles têm que desviar. Os experimentos de físicos provaram que vinham raios tanto da Terra como provenientes do espaço. E assim vai.</p>	-

*Quadro C.26 – Comentários positivos sobre o projeto quando perguntados algo como “Quer deixar algum comentário final aí?”*

00:13:30	Aluna 1	Foi muito maravilhoso e se pudesse mil vezes iria em outras coisas da física também, que é muito legal. Muito bem. Muito obrigada, né, por explicar e mostrar coisas novas pra gente.
00:08:16	Aluna 3	Achei bastante legal essas aulas que tiveram e também achei bastante dinâmica e... Que não teve só a parte teórica, teve também a prática pra comprovar o ponto. Achei legal. Legal.
00:09:16	Aluno 1	Foi bom o projeto, deu pra entender melhor. É, ter mais conhecimento.
00:12:27	Aluno 2	Eu gostei bastante dos experimentos, entendi um pouco mais sobre os raios cósmicos, radiação. Era uma coisa que eu tinha curiosidade e tinha um montão de dúvida. Ai deu pra dar uma entendida.
00:09:53	Aluno 3	Não, bom, eu gostaria de comentar que essas, assim, essas oportunidades, essas iniciativas, que principalmente o professor Carlos, que eu vejo que ele tem bastante disso, traz pra dentro da escola, é muito interessante, muito interessante mesmo, porque é igual eu falei, mostra que ele tá interessado com a gente, mostra que ele tá empenhado em ajudar a gente, né. E eu acho que os projetos são cada vez mais interessantes pra escola mesmo.
00:08:55	Aluno 8	Olha, eu gostaria muito de ter tido uma oportunidade dessa antes, porque eu acho que aproveitaria bem melhor, porque agora já está no final do ano, é meu terceiro ano também, eu não vou ter outra oportunidade dessa na escola, porque eu não tenho mais em escola. Acho que se eu tivesse isso no primeiro ano, por exemplo, eu aproveitaria bem mais, e eu acho que isso faria eu me interessar mais pela matéria, do que eu já me interesso hoje.
00:09:22	Entrevistador	Saquei. Da hora. E aí, tu acha que é mais pelo tema, que é abordado, ou pela forma que é abordada?
00:09:30	Aluno 8	Olha, o tema e a forma também, mas acho que bem mais pela forma.
00:13:19	Aluno 9	Bom, acho que não tem nenhum, só o que podiam aumentar ou botar mesmo na escola essa matéria, porque pelo menos por mim eu achei muito interessante.



# Apendice D: 2º sequência – Material Didático

A seguir, apresentamos o material didático elaborado para a 2º SEA. Esse material didático foi discutido com o professor implementador da 1º SEA, mas ainda não foi apreciado pelo grupo maior de raios cósmicos e possivelmente sofrera modificações. Também não está apresentada aqui a nova versão da aula 7 e 8 (antigas 6 e 7), pois serão discutidas primeiro com o grupo, afim de verificar novas possibilidades de interagir com o software.

*Quadro D.1 – Organização e nomeação das aulas:*

<b>Aula 1</b>	Introdução à física das radiações
<b>Aula 2 e 3</b>	O problema do descarregamento do eletroscópio
<b>Aula 4</b>	Compreendendo o início da pesquisa em raios cósmicos
<b>Aula 5 e 6</b>	A tecnologia da detecção
<b>Aula 7 e 8</b>	Explorando histogramas com o Jupyter

## Introdução à física das radiações

**Como o nosso corpo está por dentro?** É provável que em algum momento da sua vida, você precisou realizar um exame de raio X, para descobrir como estava seu pulmão ou qual era a gravidade da lesão que você sofreu. Com esse exame, se obtém uma folha radiográfica igual a da figura 1.

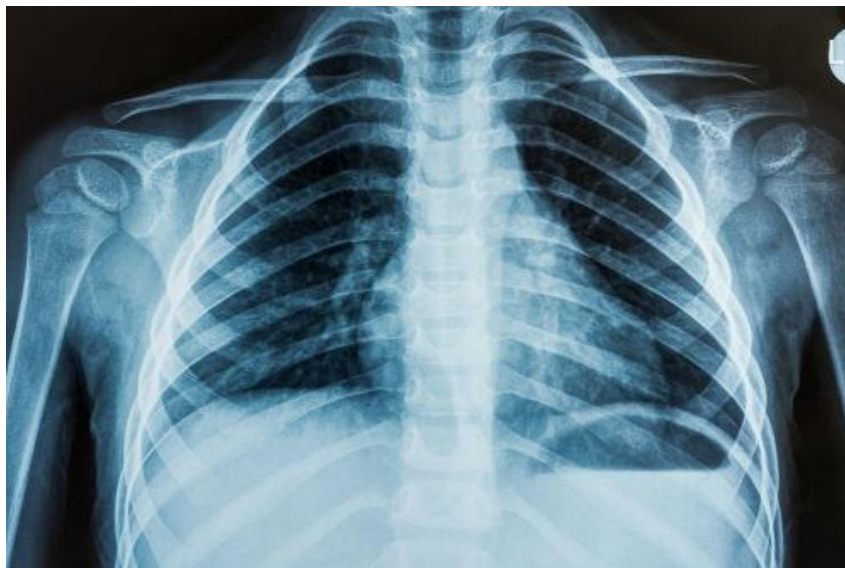


Figura 1 – Folha radiográfica

Esse exame funciona com base na radiação denominada raios X. Radiação é toda forma de energia que se propaga pelo espaço, como a luz do sol. No caso dos raios X, a radiação é composta por partículas invisíveis denominadas **fótons**. Esses fótons passam pelo seu corpo e são absorvidos de maneiras diferentes pelos tecidos e ossos, criando uma imagem que os médicos podem utilizar para ver o que está acontecendo dentro do seu corpo. Essa radiação é segura em pequenas doses. A seguir, vamos tentar compreender todas essas informações.



Figura 2 – Um consultório de raios X.

**Você já ouviu falar na pesquisa que mudou o mundo?** Tudo começou em novembro de 1895, no laboratório do físico holandês Wilhelm Roentgen. Ele estava conduzindo experimentos em uma estrutura muito engenhosa, com um tubo de vidro e componentes elétricos, quando notou algo surpreendente: uma folha de papel tratada com material fluorescente começou a brilhar. Mas o que estava causando isso? Ele supôs que a estrutura estava emitindo uma radiação invisível a olho nu! Tentando bloqueá-la, ele colocou diferentes materiais como papelão, madeira, um livro e até camadas metálicas finas, mas nada parecia funcionar - a radiação continuava passando e fazendo a folha brilhar. Foi então que Roentgen, por acaso, deixou a sua própria mão no caminho da radiação, criando uma silhueta que parecia os ossos de sua mão! Percepções ao acaso não são muito comuns na ciência, mas durante essa investigação científica, Roentgen percebeu ao acaso que havia se formado uma imagem no papel que parecia ser seus ossos, conforme ilustra a Figura 3



Figura 3 – Ilustração do aparato experimental do físico Roentgen na pesquisa dos raios X

Fascinado com isso, Roentgen passou algumas semanas pesquisando e pediu que sua esposa colocasse a mão na frente da radiação para estudar o efeito. E assim se estabeleceu os raios X.



Figura 4 – A Imagem da mão da Sra. Anna Ludwig, esposa de Roentgen.

**Como os raios X são gerados?** Somente a título de curiosidade, dizemos que os raios-X são em um tubo. Esse tubo contém um filamento que esquenta quando uma corrente elétrica passa por ele. O filamento aquecido gera elétrons. Esses elétrons são acelerados em direção a um alvo metálico (ânodo). Quando os elétrons colidem com o alvo, ocorre uma desaceleração brusca, o que resulta na produção de raios-X.

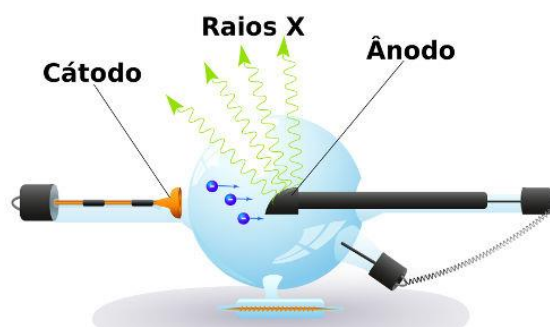


Figura 5 – Geração dos raios X

**E depois que são gerados, o que acontece?** Para entendermos, vamos primeiro indicar o que acontece quando nenhum objeto está entre a fonte de raio X e a folha. Nesse caso, toda a radiação chega à folha. A folha é um material fluorescente – isto é, um material que absorve

a energia da radiação e após isso emite luz visível (brilha). Então, na Figura 6, na situação (a) ilustramos o momento em que o equipamento está desligado e nenhum raio X é emitido, enquanto que na situação (b) o equipamento está ligado e há a emissão de raio X. Como não há nenhum material no caminho, toda radiação chega a folha, que por ser um material fluorescente, absorve a radiação e emite luz (brilha).

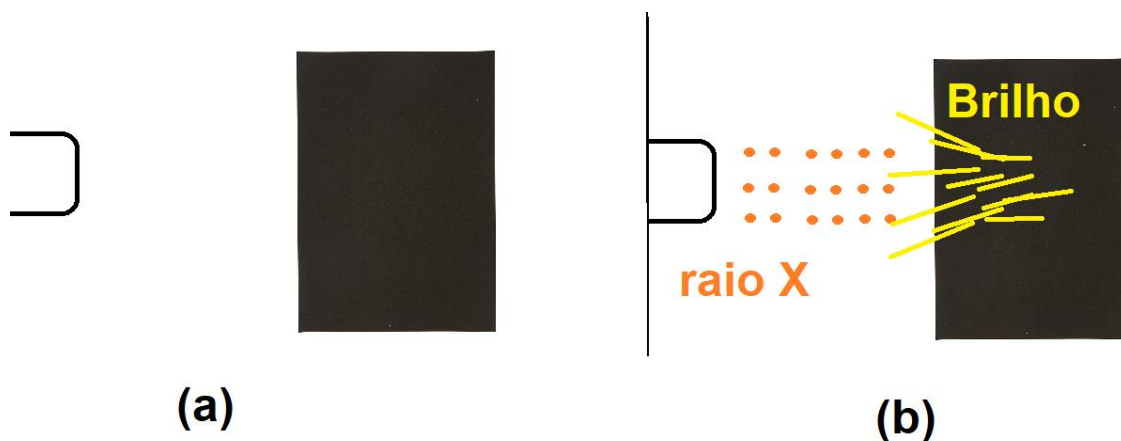
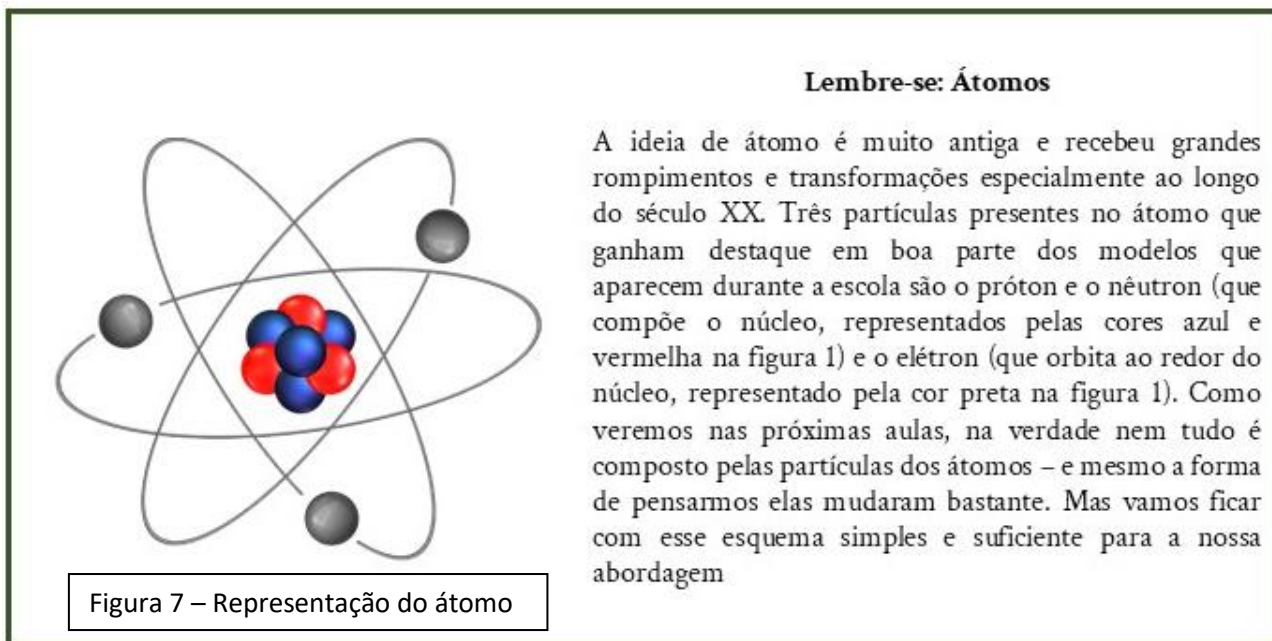


Figura 6 – na situação (a) não há raio X, na situação (b) o raio X chega a folha, que então brilha.

**Mas o que acontece quando há um objeto entre a fonte de raio X e a folha?** Pela história, notamos que os raios X são capazes de atravessar diversos materiais – folhas de papel, madeira, placas metálicas e etc. Mas também sabemos pela Figura 4, que certos materiais absorvem a radiação – pois há regiões escuras, o que implica que não há radiação chegando. No caso, notamos que a silhueta formada na folha são os ossos da esposa de Roentgen e um anel. Então os ossos e esse anel são capazes de **absorver a radiação**, impedindo que ela chegue a folha!

**Mas o que significa absorver a radiação?** Essa é uma pergunta importante, pois aqui é a origem do perigo nos raios X. Quando os raios X encontram um material, eles podem atravessar e ignorar, ou eles podem interagir. Quando eles interagem, diferentes efeitos podem surgir. Dentre eles, o mais importante e desejado durante um exame de raio X é a absorção desses raios. Para entender isso, é importante lembrar: Todo material é feito de átomos!



Então quando os raios X incidem nas nossas mãos, eles interagem com os átomos dos nossos ossos. Materiais que possuem um maior número de prótons (como o cálcio dos nossos ossos), tem a capacidade de absorver os raios X. Nesse caso, absorver significa que os fótons dos raios X vão colidir com os elétrons desses átomos, dando toda a energia que possuem para esse elétron – ou seja, o elétron absorve o fóton. Essa energia faz com que o elétron ganhe grande liberdade de movimento, sendo empurrado para fora do átomo. Veja a figura 8

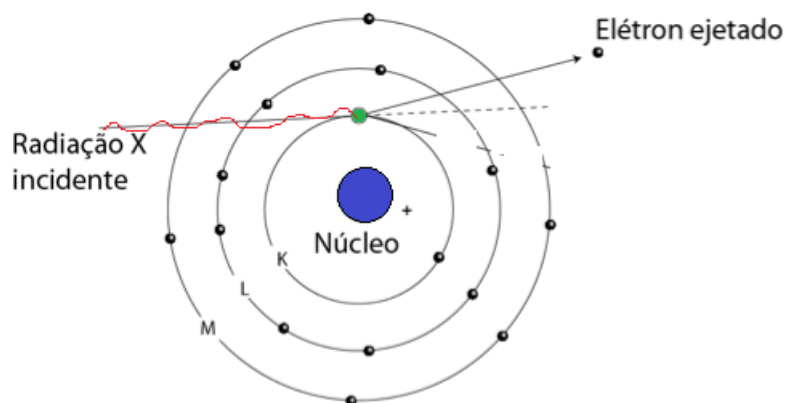


Figura 8 – Quando o Raio X incidem em materiais com muitos prótons, eles são absorvidos pelos elétrons.

Toda radiação capaz de arrancar elétrons nós chamamos de **radiação ionizante**. Raio (ou radiação) é um nome que surgiu na época, fazendo alusão ao “raio de luz”, mas sendo um outro tipo de raio (invisível, tal como o ultravioleta e o infravermelho, já conhecidos na época). Ionizante é por arrancar os elétrons.

Agora você já entendeu porque a imagem no filme radiográfico mostra os nossos ossos, mas ignora os nossos músculos e sangue: os átomos dos nossos ossos tem, nesse contexto, um grande número de prótons (como o cálcio); já os do nosso sangue não tem muitos prótons (como o hidrogênio e o oxigênio, que formam a água que permeia nosso corpo). Os nossos ossos absorvem os raios X, impedindo eles de chegarem ao filme radiográfico, diferentemente dos raios X que incidem na nossa pele ou que simplesmente vão direto na folha, que possuem uma baixa probabilidade de absorver fótons. Cria-se um contraste entre as partes em que os raios X chegam até o filme e as que não chegam.

**Note que há diferentes tipos de folhas radiográficas.** Hoje em dia, é muito comum que as folhas na qual a imagem é formada – ou seja, os filmes de radiografia – sejam feitos com um composto que reage de forma inversa: quando os raios X chegam ao filme, ocorre uma reação química que faz a folha escurecer. Quando não chega, o filme fica claro. Então o princípio que explica a Figura 1 é o mesmo: os raios X que chegam na folha, escurecem a imagem; os que chegam aos nossos ossos, são absorvidos e não chegam na folha. Isso cria um contraste na folha, produzindo a imagem que observamos.

**Muito legal, mas os raios X são perigosos?** Logo após a pesquisa dos raios X, houve um período de intenso interesse e fascínio por esse efeito. Existiam pessoas que atuavam como demonstradores do efeito, inclusive realizando parcerias com escolas para realizar demonstrações. Mas esse fascínio logo compartilhou espaço com uma certa cautela, especialmente quando alguns cientistas viram seus cabelos caírem: será que esses raios X são perigosos? Quem já viu o médico indo para um local afastado durante o exame pode imaginar que sim. A resposta curta é: a depender da dose e do período de exposição, os raios X podem ser perigosos; mas **para nós que utilizamos em exames pontuais, não há perigo algum.**

**Por que os raios X são perigosos?** Quando os raios X são absorvidos pelo nosso corpo, há a remoção do elétron. Logo após o elétron de um átomo ser removido, ocorre a quebra de ligação na molécula, que são átomos conectados. Por exemplo, a molécula da água  $H_2O$  é a ligação entre dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio – a quebra da ligação na molécula retira a conexão que existe entre esses átomos. Veja a Figura 9.



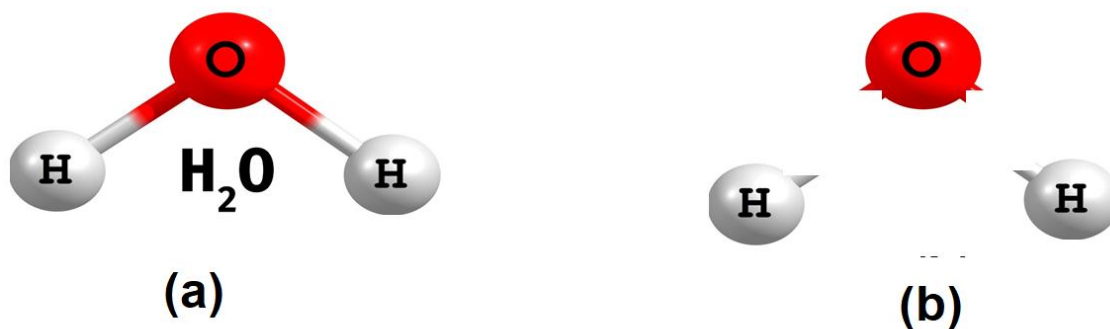


Figura 9 – Quando o elétron é removido, existe a quebra de ligação na molécula. Na situação (a), ainda há a ligação. Na situação (b) a ligação foi quebrada.

Quando os raios X são emitidos em uma molécula de DNA, que são portadoras do nosso código genético, eles também são absorvidos e acabam quebrando as ligações dessa molécula. Poucos segundos depois, dois efeitos acontecem. O primeiro, é um mecanismo de defesa do nosso corpo, que acaba reconstruindo essa quebra, tentando manter a normalidade. Um outro efeito é quando isso não acontece: essas moléculas fragmentadas começam a realizar novas ligações com outras moléculas ou o DNA permanece quebrado. Acredita-se que esses problemas no reparo do DNA sejam a principal causa de efeitos cancerígenos. Esses efeitos podem surgir depois de meses ou anos. **Mas calma:** para ocorrer a quebra de 500 fitas de DNA, são necessárias receber uma dose de radiação correspondente a 50000 exames de raios-X. Durante o exame nós não chegamos nem perto dessa dose!

**Mas será que existem outros tipos de radiação?** Será que há radiação caindo do céu nesse momento? Leia a notícia abaixo, publicada em 2017 pela revista digital Exame, reproduzida abaixo:<sup>108</sup>

<sup>108</sup> Acesso no site: <https://exame.com/ciencia/risco-de-radiacao-espacial-aumenta-para-passageiros-de-aviao/>



---

## Risco de radiação espacial aumenta para passageiros de avião

Uma pesquisa revela que a exposição à radiação espacial, quase inevitável em viagens que sobrevoam os polos, equivale a um exame de raio X do tórax



Viagens de avião: essa radiação pode levar à modificação do DNA, produzir radicais químicos que podem alterar o funcionamento das células e aumentar o risco do desenvolvimento de câncer (Darrin Zammit-Lupi/Reuters)

Denver - Os passageiros de **avião**, especialmente os que viajam com frequência e realizam viagens longas, enfrentam um risco cada vez maior de ficarem expostos à radiação de partículas do **espaço**, e esse perigo aumentará nos próximos anos, segundo um estudo divulgado nesta quarta-feira.

Uma pesquisa da Universidade do Colorado em Boulder, nos Estados Unidos, revela que a exposição à radiação espacial, quase inevitável em viagens que sobrevoam os polos, equivale a um exame de raio X do tórax.

A autora do estudo, Delores Knipp, indica que, para além dos riscos e desconfortos próprios das viagens de avião, que vão desde ações terroristas até ser retirado à força da aeronave, os passageiros agora deverão se preocupar com a radiação proveniente

do espaço, que pode levar à modificação do DNA, produzir radicais químicos que podem alterar o funcionamento das células e aumentar o risco do desenvolvimento de câncer.

Durante a próxima década, para a qual está prevista uma diminuição da atividade solar, o problema aumentará e, por isso, mais partículas do espaço chegarão à Terra sem serem desviadas pelo sol ou pelo vento solar, de acordo com o estudo.

Os pilotos de companhias aéreas americanas "estão suficientemente preocupados para assistirem a conferências (sobre o clima espacial) porque conhecem as pesquisas mais recentes sobre radiação em aviação", afirmou Knipp em seu estudo.

A autora explicou que suas pesquisas começaram quando ela relacionou o iminente início do chamado "ciclo solar mínimo", que dura aproximadamente 22 anos, durante os quais a atividade solar se reduz, com a capacidade dos raios cósmicos de penetrarem no interior das aeronaves.

Knipp usou pesquisas realizadas anteriormente pela NASA, a agência espacial dos EUA, bem como medições feitas por balões aerostáticos sobre a radiação que chega à Terra e modelos desenvolvidos por computadores, para determinar que as partículas espaciais criam uma "chuva de partículas" com alta energia quando entram no avião.

"No futuro, os cientistas necessitam transformar o conhecimento que obtivemos em medidas padronizadas e práticas para avaliar o impacto na saúde a longo prazo em tripulantes e passageiros", comentou a pesquisadora.

Além disso, Knipp disse que as companhias aéreas deverão se preparar para uma "maior exposição à radiação espacial", o que poderia levar a mudanças nas rotas e a cancelar alguns dos 100 mil voos diários em todo o mundo para evitar uma superexposição a essa radiação.

---

**Com base na notícia, tente identificar:**

- Qual é o perigo mencionado? Ao que equivale esse perigo?
- Para quem essa notícia é especialmente importante?
- Ela impacta a vida de passageiros esporádicos?
- Como será que a pesquisadora sabe que existe essa radiação?

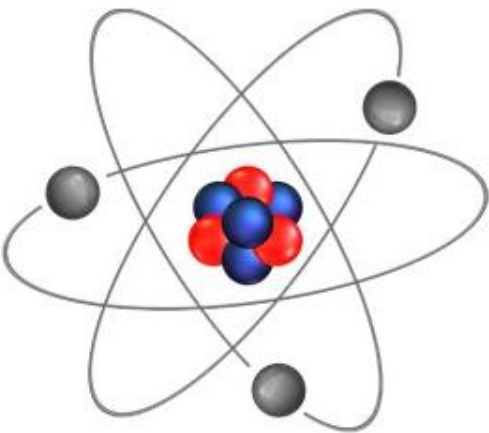
## O problema do descarregamento do eletroscópio

Anteriormente, estudamos sobre a radiação. Vimos como se deu a pesquisa de Roentgen dos raios X. Agora iremos mergulhar na **investigação de uma outra radiação**, localizada no início do século XX. Essa investigação se dá a partir do problema do **descarregamento de um eletroscópio**. Antes, precisamos entender duas coisas: O que é um eletroscópio e o que seria o descarregamento dele.

### Eletroscópio

Para começar, é interessante pensarmos em qual é a menor unidade do que compõe as coisas ao nosso redor. Uma forma de imaginar isso seria pegando um papel e rasgando ele cada vez em pedaços mais pequenos. Se pudéssemos ir muito longe nesse processo, logo chegaríamos no que chamamos de átomo.

**Lembre-se: Átomos**

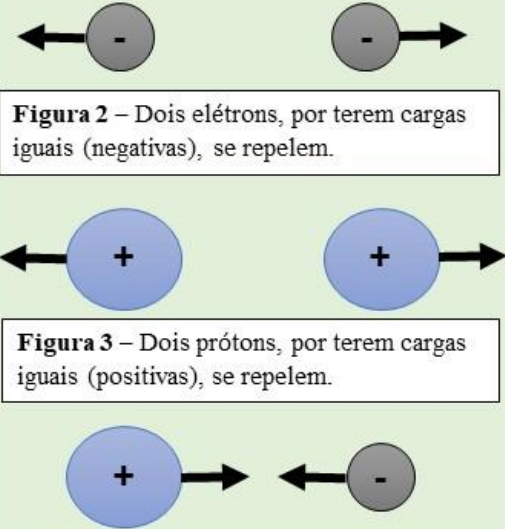


A ideia de átomo é muito antiga e recebeu grandes rompimentos e transformações especialmente ao longo do século XX. Três partículas presentes no átomo que ganham destaque em boa parte dos modelos que aparecem durante a escola são o próton e o nêutron (que compõe o núcleo, representados pelas cores azul e vermelha na figura 1) e o elétron (que orbita ao redor do núcleo, representado pela cor preta na figura 1). Como veremos nas próximas aulas, na verdade nem tudo é composto pelas partículas dos átomos – e mesmo a forma de pensarmos elas mudaram bastante. Mas vamos ficar com esse esquema simples e suficiente para a nossa abordagem

Figura 1 – Representação do átomo

As partículas dos átomos possuem uma propriedade chamada carga elétrica.

**Carga Elétrica**



**Figura 2** – Dois elétrons, por terem cargas iguais (negativas), se repelem.

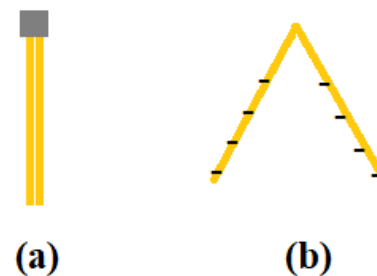
**Figura 3** – Dois prótons, por terem cargas iguais (positivas), se repelem.

**Figura 4** – Um próton e um elétron, por terem cargas diferentes, se atraem.

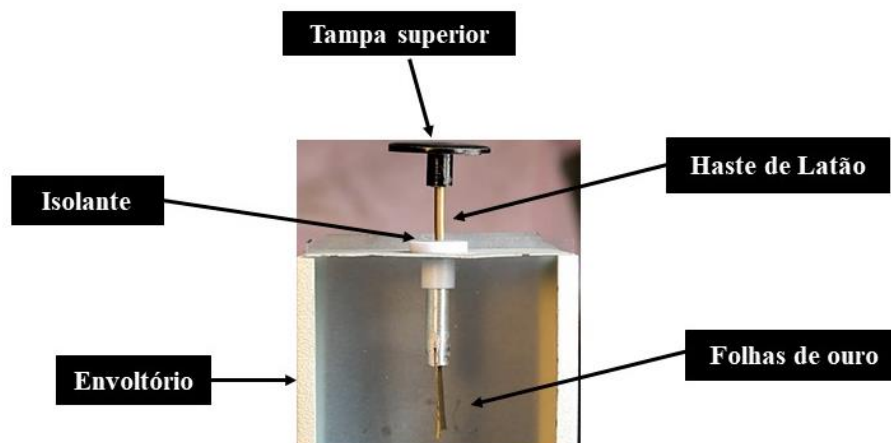
O Elétron e o Próton possuem uma propriedade chamada carga elétrica. No caso, o elétron possui carga elétrica negativa, enquanto que o próton possui carga elétrica positiva. Nós sabemos que eles possuem essa propriedade devido ao seu comportamento. Em síntese, todas as partículas que possuem carga elétrica podem interagir entre si. E essa interação é de se aproximar uma da outra ou de se afastar. Qual será o comportamento depende de qual é a carga elétrica, que podem ser duas: **carga positiva** e **carga negativa**. Temos que cargas iguais se afastam, enquanto eu cargas diferentes se atraem.

O Instrumento que iremos estudar se chama Eletroscópio. O fenômeno que ele descreve é um tanto simples e está ilustrado na figura 5: existem duas folhas de metal (alumínio ou ouro, por exemplo), uma próxima da outra, de tal forma que quando elas possuem cargas iguais elas se afastam, formando uma espécie de um cone.

Um Eletroscópio real é composto basicamente por 5 componentes, conforme mostrado na figura 6:

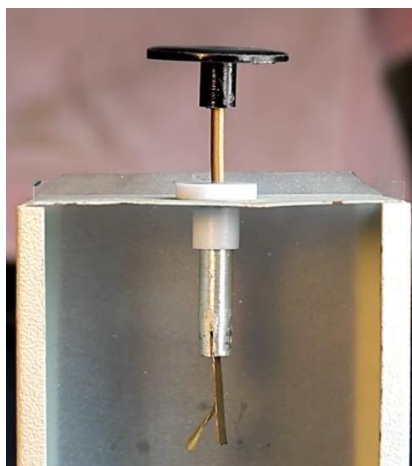


**Figura 5** – Na situação (a), as duas folhas de ouro estão descarregadas. Na situação (b) as duas folhas de ouro estão carregadas com carga negativa e, portanto, se afastam.



**Figura 6** – Eletroscópio de Folhas de ouro com as folhas juntas (fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=CUXnL-kMZeM>)

As cargas elétricas chegam nas folhas de ouro através da **Tampa Superior**. Na prática, se aproxima um objeto carregado com cargas negativas que repelem as cargas negativas nos átomos da tampa superior, que então percorrem a **Haste de Latão** até chegar nas **folhas de ouro**, se acumulando nela e fazendo uma folha se afastar da outra, conforme figura 7.

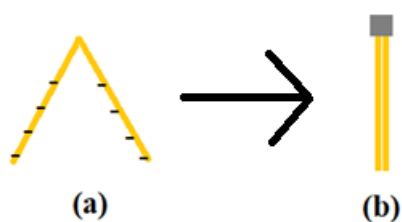


**Figura 7** – Eletroscópio de Folhas de Ouro com as folhas afastadas (fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=CUXnL-kMZeM>)

Sobre as outras duas componentes, o **Envoltório** serve para proteger as folhas de ouro, minimizando o fluxo de ar e por consequência a interferência externa que as folhas de ouro sofrem. Já o **Isolante** serve apenas para isolar a haste e evitar que as cargas se dissipem para outro lugar (ao invés de irem para as folhas de ouro).

**O problema do descarregamento indefinido do Eletroscópio**

Suponha um Eletroscópio carregado (e, portanto, com as folhas de ouro afastadas), tal como na figura 7. Se esperarmos um tempo o que observamos é que as folhas de ouro vão se aproximar e ficar igual a figura 6. O que aconteceu?



**Figura 8** – Passagem da situação (a) para a situação (b), ilustrando o descarregamento de um eletroscópio.

Uma forma tentarmos entender é colocando nos termos da figura ao lado. Basicamente podemos afirmar que na situação em que antes o eletroscópio estava carregado e por isso as folhas estavam afastadas. Mas as cargas sumiram e, portanto, as folhas voltaram ao seu estado natural (juntas!). Surge um problema: o que fez as cargas sumirem?

Como vimos na aula anterior, existem radiações capazes de arrancar elétrons de átomos. Essa radiação pode se dar pela propagação de partículas, como os fótons do raio X. Mas existem outras radiações que são capazes de realizar o mesmo processo – ou seja, que também é uma radiação ionizante.

### **Mas que radiação é essa que está provocando o descarregamento do eletroscópio?**

Esse é o problema que iremos enfrentar, em que iremos estudar os acontecimentos entre 1890~1920. Para medir o descarregamento, se mede a distância entre as folhas. Quando as folhas estão juntas, o descarregamento é de 100%. Uma variação muito conhecida do eletroscópio é o eletrômetro, que se diferencia por ser mais preciso.

A rigor, existem duas causas diferentes para o descarregamento do eletroscópio. A provocada pelos “raios ionizantes”, que iremos estudar adiante, e o descarregamento devido a umidade do ar, que já era conhecido pelos cientistas e considerado durante os experimentos – nós iremos simplificar a situação e deixar de lado a umidade do ar.

## Atividade

### O problema:

As folhas de ouro de um eletroscópio descarregam. O que causa isso seria uma espécie de “Raio Ionizante” – não sabemos bem o que são, mas sabemos que fazem as coisas carregadas eletricamente se descarregarem. **De onde estão vindo esses Raios Ionizantes?**

Nessa atividade vocês irão vivenciar o papel dos cientistas deste contexto histórico. Havia diferentes hipóteses, mas vamos focar nas duas que mais receberam atenção: **(1)** Os raios ionizantes vem do chão. **(2)** Os raios ionizantes são extraterrestres. Qual será a verdadeira?



Para decidir isso, vocês receberão alguns cartões que contam algum acontecimento histórico realizado pelos cientistas que estavam investigando esse mistério. Vocês devem sintetizar qual é a contribuição desse cartão para a hipótese (1) e para a hipótese (2). Após completarem todos os cartões, vocês deverão avaliar qual é a vencedora, elaborando um texto argumentando em favor de algum dos dois modelos.

**Para exemplificar o que deve ser feito**, vamos resgatar a experiência de Roentgen.



Figura 9 - Ilustração do aparato experimental do físico Roentgen na pesquisa dos raios X

Em um dado momento da investigação, Roentgen tentou caracterizar a radiação que fazia o papel brilhar. **Vamos supor então**, que ele estava entre duas hipóteses: (1) **a radiação não é capaz de atravessar materiais sólidos** e (2) **a radiação é capaz de atravessar materiais sólidos**.

Para decidir, ele realizou quatro ações:

- (1) Ele não colocou nada entre o tubo de vidro e o filme fluorescente. Ele notou que o filme fluorescente brilhava.
- (2) Colocou uma fina folha de sulfite entre o tubo de vidro e o filme fluorescente. Ele notou que o filme fluorescente ainda brilhava.
- (3) Ele deixou a sua mão no meio do caminho entre o tubo e o filme radiográfico. Ele notou que o filme fluorescente brilhava em algumas partes. Em outras, havia a silhueta dos ossos de sua mão.
- (4) Colocou um pedaço de madeira entre o tubo de vidro e o filme fluorescente. Ele notou que o filme fluorescente ainda brilhava.

Roentgen então foi sistematizar as informações que obteve. A primeira folha era para anotar as informações que relacionadas a “radiação é capaz de atravessar materiais

sólidos”. Entretanto, ele logo reparou que algumas informações apenas são “**compatíveis**”, enquanto que outras são mais fortes em nos fazer pensar que aquilo é verdadeiro – e, portanto, “**corroboram**”. Portanto, nas informações mais “fracas” ele apenas indicou que era compatível, e nas mais fortes colocou que corrobora.

### **A radiação não é capaz de atravessar materiais sólidos**

**1** – Ao ligar o equipamento e não colocar nada entre o tubo e o filme fluorescente, notamos que o filme ainda brilha. **[compatível]**

**3** – Ao deixar a sua mão no meio do caminho, nota que se forma a silhueta dos ossos de sua mão – portanto, a radiação que passa pelos ossos não chega a folha fluorescente, não sendo capaz de atravessar materiais sólidos. **[corrobora]**

### **A radiação é capaz de atravessar materiais sólidos.**

**1** – Ao ligar o equipamento e não colocar nada entre o tubo e o filme fluorescente, notamos que o filme ainda brilha. **[compatível]**

**2** – Ao colocar uma folha de papel entre o tubo e o filme fluorescente, notamos que o filme ainda brilha. Sendo assim, a radiação está atravessando a folha de papel. **[corrobora]**

**3** – Ao deixar a sua mão no meio do caminho, nota que se forma a silhueta dos ossos de sua mão – portanto, a radiação que passa pela sua pele, consegue atravessá-la, fazendo o filme fluorescente brilhar. **[corrobora]**

**4** – Ao colocar um pedaço de madeira entre o tubo e o filme fluorescente, notamos que o filme ainda brilha. Sendo assim, a radiação está atravessando o pedaço de madeira. **[corrobora]**

### **Dissertação final – Qual é a melhor explicação?**

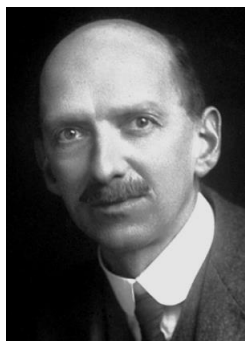
A radiação é capaz de atravessar diversos sólidos, como a folha de papel, o pedaço de madeira e a pele da mão do cientista. Entretanto,



alguns sólidos – como os ossos de sua mão -, ela não consegue atravessar.

## Anexo A - Cartões

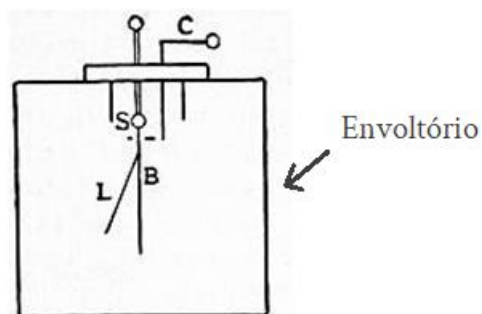
### 1 - Eletroscópios descarregam



Em 1900, Charles T. R. Wilson (1869 – 1959) notou que o Eletroscópio descarregava, ainda que minimizemos a umidade do ar. Wilson sugeriu que a radiação pode ser de origem extraterrestre.

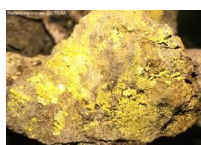
### 3 - Será que a radiação está vindo do envoltório?

Para evitar que a radiação fosse emitida pelo envoltório (ou seja, as “paredes” do equipamento) do equipamento, diferentes cientistas fizeram alterações no envoltório. Nessas alterações, os cientistas se preocupavam em utilizar metais que não possuíam impurezas radioativas. Houve uma redução na radiação (ou seja, o tempo de descarregamento do eletroscópio aumentou), mas ainda existia.

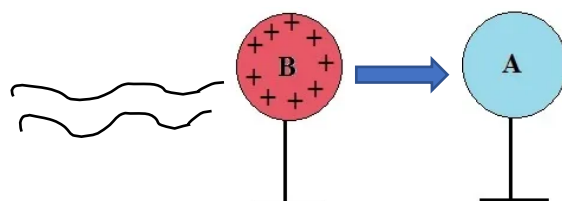


### 2 - Materiais emitem radiação

Em 1896 Henri Becquerel percebeu que sais de urânio emitiam uma radiação (partículas que carregam energia) invisível capaz de descarregar condutores eletricamente carregados.



Sais de Urânio



Além disso, Marie Curie e Pierre Curie constataram outros materiais que emitiam radiação. Parece ser plausível acreditar que esses sólidos que encontramos na Terra emitam radiações.

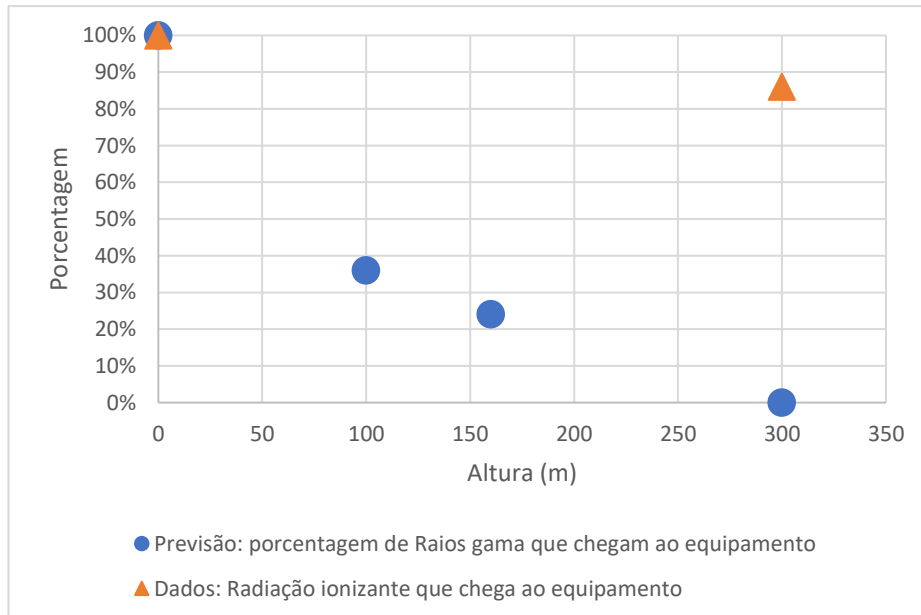
#### 4 - Theodor Wulf na Torre Eiffel

Theodor Wulf realizou um experimento bem criativo. Para isso ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura. Ele **supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra** e tinha um comportamento semelhante aos raios gama (que também são fótons, mas com mais energia que os raios X), a mais penetrante conhecida até então.

Com as equações e o coeficiente de absorção dos raios gama, **era previsto** que em 100 metros de altura, apenas 36% dos raios gama emitidos pelo solo chegariam ao equipamento (o restante seria absorvido pelo ar), e em 300 metros, no topo da torre, toda a radiação gama emitida pela terra teria sido absorvida.

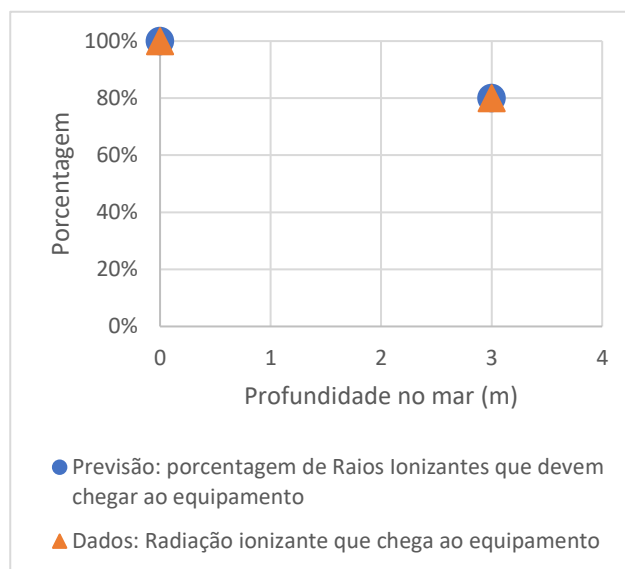
Wulf então **realizou os experimentos** utilizando uma variação do Eletroscópio, conhecida como Eletrômetro, tanto no solo quanto a 300m, e notou que na verdade ainda estava chegando 85% da radiação.

Duas hipóteses surgem: (a) a previsão está errada; (b) devem existir outras fontes de radiação. A hipótese (a) era improvável, pois haviam diversos outros experimentos em que as equações funcionavam bem. No entanto, Wulf não apreciava a opção (b), admitindo que a explicação mais provável para seu resultado intrigante ainda era a emissão do solo.



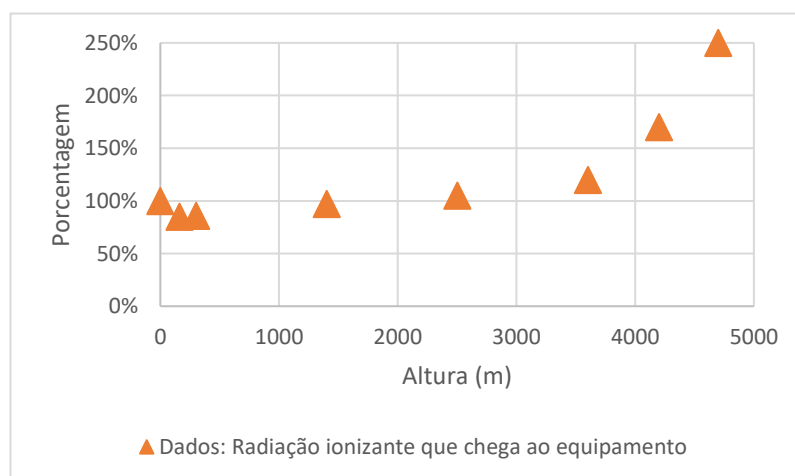
### 5 - Domenico Pacini se aventurando pelo mar

**Domenico Pacini** realizou diferentes experimentos em montanhas, mar e lagos. Em seus experimentos no mar, sua inovação foi realizar duas medições diferentes. Colocando o eletrômetro numa caixa de cobre, media o descarregamento na superfície do barco e depois imergia esse equipamento há 3 metros de profundidade do mar, para medir o descarregamento. Seus resultados apontaram que dentro do mar, perdia-se cerca de 20% do descarregamento. Supondo que a radiação vem de cima, este era justamente o valor da previsão das equações de absorção dos raios ionizantes pela água do mar.



### 6 - Voando com Balões

**Viktor Franz Hess** fez um ótimo uso de uma forma de experimentação já conhecida: utilizando balões. O objetivo dele era verificar se a radiação aumentava conforme o balão fosse subindo. Após o experimento, ele afirmou que **(i)** imediatamente acima do solo, a radiação total diminui um pouco. **(ii)** em altitudes de 1000 a 2000 m, ocorre novamente um aumento dela, chegando a valores similares ao do solo. **(iii)** entre 3000 a 4000m o aumento já é por volta de 150% em relação a radiação observada no solo. **(iv)** Em 4000 a 5200 m, a radiação é mais que o dobro em relação ao solo.



## Anexo B - Discurso do Nobel

### Discurso do Nobel (1936), proferido pelo Professor H. Pleijel:

”[A] pesquisa foi feita em toda a natureza por substâncias radioativas[por vários cientistas]: na crosta da Terra, nos mares e na atmosfera; e ... o eletroscópio foi aplicado. Raios radioativos foram encontrados em toda parte, sejam as investigações feitas nas águas de lagos profundos ou em altas montanhas. ... Embora nenhum resultado definitivo tenha sido obtido a partir dessas investigações, eles mostraram que a radiação onipresente não poderia ser atribuída à radiação de substâncias radioativas na crosta terrestre ... O mistério da origem desta radiação permaneceu [no entanto] sem solução até O Prof. Hess fez disso seu problema. ... Com excelente habilidade experimental, Hess aperfeiçoou o equipamento instrumental usado e eliminou suas fontes de erro. Com esses preparativos concluídos, Hess fez uma série de subidas de balão ... A partir dessas investigações, Hess concluiu que existe uma radiação extremamente penetrante vinda do espaço que entra na atmosfera da Terra.” (GIGLIETTO, p.8, 2011)





## Possíveis Respostas

### Raios Cósmicos são provenientes da Terra

**Cartão 1** – ainda que minimize a umidade do ar, o descarregamento do eletroscópio continua.

**[Compatível]**

**Cartão 2** – O descarregamento do eletroscópio continuou apesar do envoltório não estar emitindo radiação. **[Compatível]**

**Cartão 3** – Se existem materiais que emitem radiações capazes de descarregar condutores eletricamente carregados, o descarregamento do eletroscópio pode estar sendo causado pelas radiações emitidas por algum material da Terra. **[Compatível]**

**Cartão 4** – Apesar de o experimento e a previsão darem resultados diferentes, ainda sim existe uma diminuição na radiação que chega a 300 metros de altura. Parece ser plausível acreditar que eles estão sendo emitidos pela Terra e absorvidos pelo ar. **[Corrobora]**

### Raios Cósmicos são extraterrestres

**Cartão 1** – ainda que minimize a umidade do ar, o descarregamento do eletroscópio continua.

**[Compatível]**

**Cartão 2** – O descarregamento do eletroscópio continuou apesar do envoltório não estar emitindo radiação. **[Compatível]**

**Cartão 4** – Supondo que a radiação vem da Terra, o experimento e a previsão dão resultados diferentes. Parece que há outra fonte de radiação. No entanto, ainda sim à 300 metros a radiação diminui. **[Compatível]**

**Cartão 5** – Se supormos que a radiação vem do céu, a previsão teórica é convergente com os dados do experimento obtido por Pacini no experimento do mar, uma vez que a radiação está vindo de cima para baixo, parte dela é absorvida pela água do mar, e então o descarregamento diminui. **[Corrobora]**

**Cartão 6** – Em experimentos com balões, em pequenas alturas Viktor Hess encontra o resultado de Wulf, mas quando começa aumentar a altitude a radiação aumenta ainda mais do que no solo. Essa radiação deve estar vindo de cima, pois vindo de baixo não faria sentido ela aumentar.

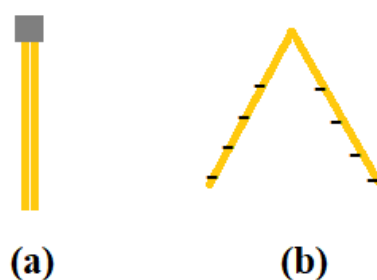
**[Corrobora]**



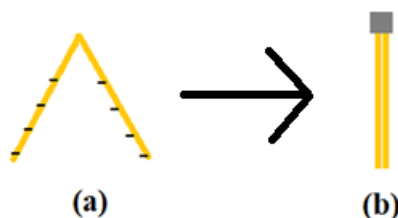


## Compreendendo o início da pesquisa em raios cósmicos

Anteriormente, mergulhamos na **investigação de uma outra radiação**, localizada no início do século XX. Essa investigação se deu a partir do problema do **descarregamento de um eletroscópio**. Afirmava-se que esse descarregamento era provocado por uma radiação ionizante de origem desconhecida. Havia duas hipóteses concorrentes. A primeira, afirmava que os raios ionizantes eram de origem terrestre. A segunda, que os raios ionizantes eram de origem extraterrestre. Qual foi a sua conclusão?



**Figura 1** – Na situação (a), as duas folhas de ouro estão descarregadas. Na situação (b) as duas folhas de ouro estão carregadas com carga negativa e, portanto, se afastam.

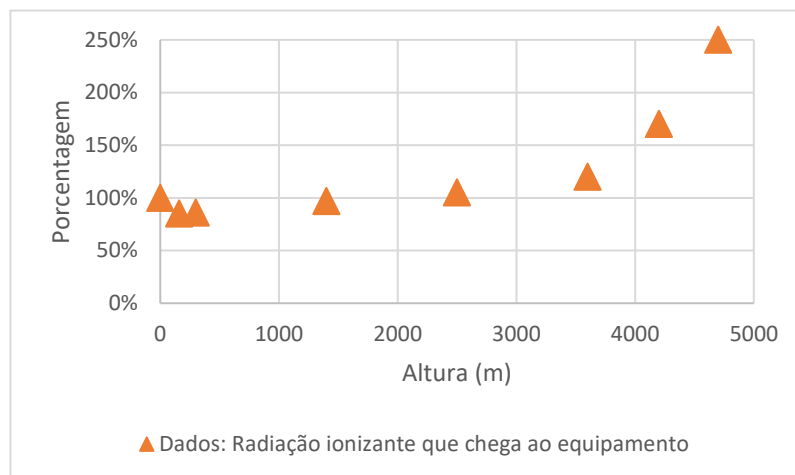


**Figura 2** – Passagem da situação (a) para a situação (b), ilustrando o descarregamento de um eletroscópio.

É bem provável que muitos de vocês tenham concluído corretamente que a radiação é extraterrestre, e para isso utilizaram o cartão 6.

## 6 - Voando com Balões

**Viktor Franz Hess** fez um ótimo uso de uma forma de experimentação já conhecida: utilizando balões. O objetivo dele era verificar se a radiação aumentava conforme o balão fosse subindo. Após o experimento, ele afirmou que **(i)** imediatamente acima do solo, a radiação total diminui um pouco. **(ii)** em altitudes de 1000 a 2000 m, ocorre novamente um aumento dela, chegando a valores similares ao do solo. **(iii)** entre 3000 a 4000m o aumento já é por volta de 150% em relação a radiação observada no solo. **(iv)** Em 4000 a 5200 m, a radiação é mais que o dobro em relação ao solo.



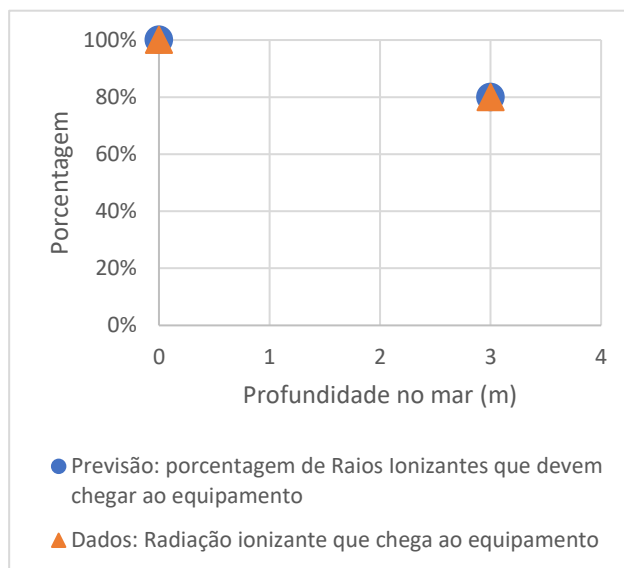
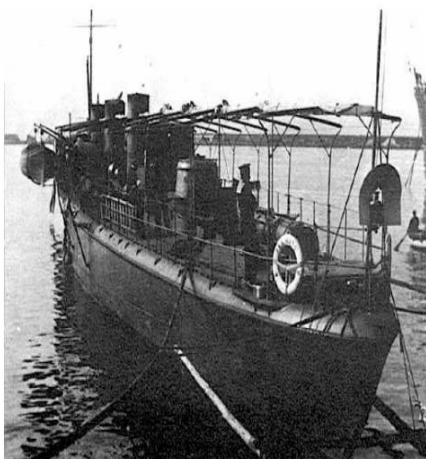
No experimento narrado nesse cartão, nós estabelecemos como referência (100%) a medida de radiação realizada no solo. Em seguida, o cientista sobe em um balão e, levando o eletrômetro, mede o descarregamento em diferentes alturas. Pouco antes depois de subir (por volta de 200 metros), notamos pelo gráfico que existe uma diminuição na radiação. Isso poderia nos fazer pensar que a radiação é de origem terrestre, uma vez que, supondo que ela esteja saindo da terra, ela seria absorvida pelo ar e assim menos radiação chegaria ao equipamento.

Entretanto, conforme o cientista Hess foi subindo, ele nota que a radiação começa a aumentar cada vez mais, chegando a ter valores muito maiores do que no solo. Podemos supor então que, na verdade, a radiação está vindo de cima para baixo. Aqui no solo nós mediríamos menos radiação, porque a radiação teria que ultrapassar uma maior camada de ar até chegar aqui, sendo absorvida no caminho. A corroboração da teoria com os dados experimentais é um forte indicativo de que essa é a explicação adequada.

**Mas porque esse é o argumento mais forte?** De forma análoga, poderíamos pensar que, na verdade, o experimento do Pacini, no cartão 5, também nos dá boas razões para considerar a explicação extraterrestre como a melhor.

### 5 - Domenico Pacini se aventurando pelo mar

**Domenico Pacini** realizou diferentes experimentos em montanhas, mar e lagos. Em seus experimentos no mar, sua inovação foi realizar duas medições diferentes. Colocando o eletrômetro numa caixa de cobre, media o descarregamento na superfície do barco e depois imergia esse equipamento há 3 metros de profundidade do mar, para medir o descarregamento. Seus resultados apontaram que dentro do mar, perdia-se cerca de 20% do descarregamento. Supondo que a radiação vem de cima, este era justamente o valor da previsão das equações de absorção dos raios ionizantes pela água do mar.

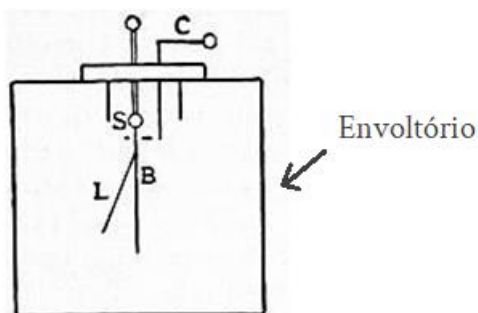


Notamos nesse experimento que, estabelecendo como valor de referência (100%) a medida de radiação na superfície, ao afundarmos o equipamento na água do mar numa profundidade de 3 metros, a radiação diminui em 20%. Essa é justamente a expectativa que temos supondo que a radiação esteja vindo de cima para baixo, pois ela teria que percorrer esses 3 metros de água, sendo absorvida no trajeto. Nesse sentido, haveria uma fonte externa emitindo radiação de cima para baixo. Essa fonte poderia ser o próprio ar da atmosfera (isso chegou a ser uma hipótese também) ou uma fonte externa a própria Terra. Como percebemos, é um experimento que ainda abre bastante espaço para outras hipóteses. Apesar de ser um argumento forte (que corrobora pensarmos que a radiação é extraterrestre), corrobora menos do que o experimento com balão.

Um argumento mais fraco ainda poderia ser visto no cartão 3.

### 3 - Será que a radiação está vindo do envoltório?

Para evitar que a radiação fosse emitida pelo envoltório (ou seja, as “paredes” do equipamento) do equipamento, diferentes cientistas fizeram alterações no envoltório. Nessas alterações, os cientistas se preocupavam em utilizar metais que não possuíam impurezas radioativas. Houve uma redução na radiação (ou seja, o tempo de descarregamento do eletroscópio aumentou), mas ainda existia.



Nele, extraímos de informação que os cientistas possuíam como preocupação se a radiação poderia, na verdade, estar sendo causada pelo envoltório (a “caixa” que protege a parte interna do equipamento). Com isso, passaram a utilizar metais que não possuíam impurezas radioativas. Eles notaram que houve uma redução na radiação, mas ela ainda existia. Portanto, existe uma fonte externa de radiação a própria caixa. Mas essa informação apenas é **compatível** com a hipótese de que a radiação é extraterrestre, pois é um argumento fraco. Indo além, essa informação também é **compatível** com a hipótese de que a radiação é terrestre. Ou seja, no fim é uma informação que é compatível com as duas hipóteses. Ela não nos ajuda a decidir qual explicação é a melhor.

Por outro lado, o cartão 4 de Theodor Wulf, no experimento da torre Eiffel, trazia um contraponto interessante.

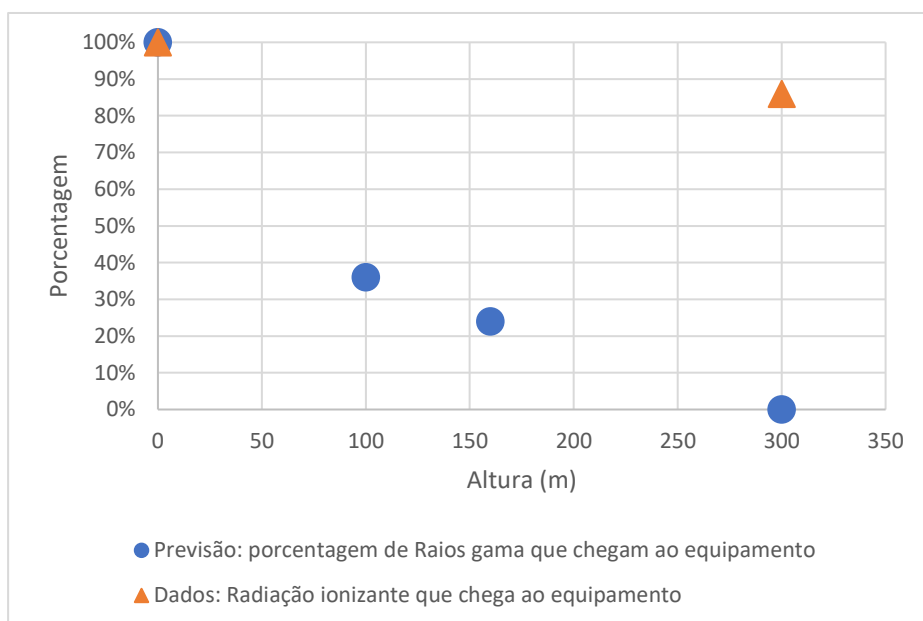
#### 4 - Theodor Wulf na Torre Eiffel

Theodor Wulf realizou um experimento bem criativo. Para isso ele utilizou a Torre Eiffel, que possui pouco mais que 300 metros de altura. Ele **supôs que a radiação ionizante estava vindo da Terra e** tinha um comportamento semelhante aos raios gama (que também são fótons, mas com mais energia que os raios X), a mais penetrante conhecida até então.

Com as equações e o coeficiente de absorção dos raios gama, **era previsto** que em 100 metros de altura, apenas 36% dos raios gama emitidos pelo solo chegariam ao equipamento (o restante seria absorvido pelo ar), e em 300 metros, no topo da torre, toda a radiação gama emitida pela terra teria sido absorvida.

Wulf então **realizou os experimentos** utilizando uma variação do Eletroscópio, conhecida como Eletrômetro, tanto no solo quanto a 300m, e notou que na verdade ainda estava chegando 85% da radiação.

Duas hipóteses surgem: (a) a previsão está errada; (b) devem existir outras fontes de radiação. A hipótese (a) era improvável, pois haviam diversos outros experimentos em que as equações funcionavam bem. No entanto, Wulf não apreciava a opção (b), admitindo que a explicação mais provável para seu resultado intrigante ainda era a emissão do solo.



Nesse grande cartão, temos que o cientista fez duas medições. Uma na base da Torre Eiffel, há 0 m de altura, e outra no topo da torre, por volta de 300 m de altura. Mas esse cientista também já tinha uma hipótese: que a radiação era terrestre. Admitindo essa hipótese, utilizando as equações da época, ele chegou que a radiação deveria ser praticamente nula no topo da torre, porque no trajeto ela seria absorvida pelo ar. Estabelecendo como valor de referência a medida do solo (100%), então em 300 metros, a radiação deveria ser 0%. Entretanto, ao realizar a medição, ele notou que em 300 metros a radiação era por volta de 85%. Ou seja, ela realmente diminui (e poderíamos pensar que ela foi absorvida pelo ar), mas ela diminui muito menos do que o esperado: apenas 15%.

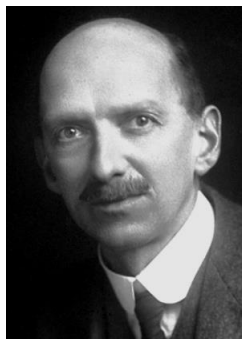
Essa informação corrobora pensarmos que a radiação seja terrestre – ao menos em partes. Alguns cientistas por causa desse experimento inclusive achavam que ela poderia ter duas fontes distintas – uma terrestre, que é absorvida pelo ar, e outra fonte externa (da atmosfera ou extraterrestre).

Mas esse argumento em favor da radiação ser terrestre perde força quando comparamos com o experimento do balão, pois esse resultado apesar de ser encontrado por Hess, perde força quando notamos que ao subir mais ainda a altura, a radiação aumenta muito mais.

Hoje em dia os cientistas acreditam que a radiação é totalmente extraterrestre, e que esse decréscimo excepcional na altura de 200 metros é por causa da poluição. Para entendermos mais profundamente sobre isso, futuramente iremos aprender sobre o que exatamente significa **absorver raios cósmicos**, que antecipamos ser de uma forma diferente de como se absorve raios X.

Uma informação curiosa, ao final desse cartão, é o palpite do Wulf. Ele continuou acreditando que a melhor explicação ainda era que a radiação fosse terrestre. Essa situação do palpite é análoga a do cartão 1.

### 1 - Eletroscópios descarregam



Em 1900, Charles T. R. Wilson (1869 – 1959) notou que o Eletroscópio descarregava, ainda que minimizemos a umidade do ar. Wilson sugeriu que a radiação pode ser de origem extraterrestre.

É muito comum que os cientistas tenham um palpite inicial (uma hipótese), ainda que não possuam evidências que corroborem ela. O palpite é importante para que os cientistas encontrem formas de corroborar. Foi partindo da ideia de que os raios cósmicos são terrestres, que Wulf pensou no experimento da Torre Eiffel. E foi cogitando que existiam outras fontes de radiação, que Hess decidiu realizar o experimento com balão.

Por outro lado, durante a pandemia do COVID-19, muitos de nós aprendemos sobre a importância de confiar na ciência, que é feita por cientistas. É necessário então identificar: essa informação que está sendo veiculada, é uma hipótese solta ou é uma hipótese corroborada? Em geral, as notícias que são veiculadas na grande mídia, são de hipóteses já corroboradas, com fortes argumentos para pensar ser válido. E vocês, conhecem algum exemplo que se encaixa nesta discussão?



## A tecnologia da detecção

**Que história é essa?** A investigação científica por vezes demanda entendermos todo um processo com poucas pistas. Iniciaremos com uma atividade semelhante. Essa atividade foi originalmente elaborada no caderno do estado de 2009.

A figura abaixo demonstra pegadas que foram deixadas em um local.



Figura 1 – Pegadas (fonte: Caderno do Estado de São Paulo 2009)

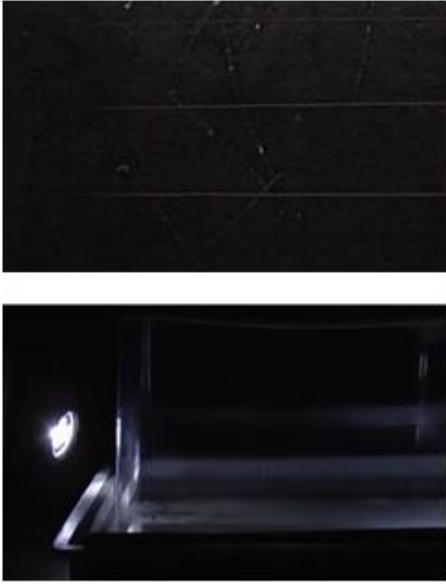
1. Separados em grupos, discutam uma possível história que explique o que se observa.
2. Conte para a classe qual foi a história elaborada. Os grupos que tiverem realizado uma história igual, aponte isso para o professor. Os grupos que tiverem realizado uma história diferente, conte a história.

**E a radiação?** Anteriormente nós concluímos que os raios cósmicos são partículas que tem origem extraterrestre e que seus efeitos podem ser verificados aqui na superfície da Terra, muito embora os próprios raios cósmicos sejam invisíveis à olho nu. No caso, nós vimos dois efeitos. O primeiro, foi exposto pela notícia de jornal, associado aos efeitos na saúde dos pilotos de avião. O segundo, sendo um retorno mais histórico, associado ao descarregamento de um eletroscópio.

Mas será que nós podemos detectar de forma mais direta? Se sim, como?

## Câmara de Nuvens

Fazendo um retorno à história, entre 1920-1950 um instrumento ficou famoso: a Câmara de Nuvens.



**Assista ao vídeo:**

<https://www.youtube.com/watch?v=xky3flaSkB8>

Esse vídeo demonstra como construir uma câmara de nuvens. Em resumo, os raios cósmicos que possuem alta energia – que até agora não falamos exatamente quais partículas eles são – interagem com o meio (que pode ser álcool ou água em vapor), de forma a deixarem um “rastro” por onde passaram. Esse rastro ocorre pois quando as partículas atravessam retiram elétrons do vapor, que acaba condensando (passando do estado gasoso para o líquido) por um breve momento, se tornando visível. Diferentes partículas deixam diferentes “rastros” – o rastro depende da massa, da carga elétrica e do ângulo de incidência. Esse é um mecanismo visual para observarmos os raios cósmicos (através de seus rastros).

Note que nós não estamos observando diretamente a partícula com os nossos olhos, mas o rastro que elas deixam. Ainda assim, parece ser uma forma mais direta de observar do que às anteriores.

**Figura 2** – Na imagem de cima, é a câmara de nuvens já montada, antes da detecção. Na imagem de baixo, há o rastro das partículas. Ambas as imagens são retiradas do vídeo.

## A evolução tecnológica na detecção

Ao longo das próximas aulas vocês irão utilizar um detector de raios cósmicos que contém tecnologia contemporânea, bem semelhante aos detectores utilizados por cientistas atualmente.

A figura 2 é uma foto do detector. A informação de que houve a detecção de um raio



cósmico é visualizada na tela de um computador. Com esse detector, diferentemente da Câmara de Nuvens, nós não conseguimos inferir a trajetória de cada partícula. Por outro lado, nós conseguimos contar com grande precisão quantas partículas foram detectadas (além do horário, local e condições em que houve a detecção). A física é uma ciência muito

**Figura 2** – O detector de raios cósmicos

dependente de dados quantitativos, portanto, esse avanço tecnológico foi de suma importância.

Mas o que efetivamente está acontecendo nessa caixa preta? Como o computador obtém a informação de que houve a detecção?

Para entendermos isso, talvez seja útil abrir para ver o que tem dentro dessa caixa preta. Mas ao fazermos isso, como na figura 2, nós percebemos que existem muitas componentes diferentes, cada uma com uma função.



**Figura 3** – Os dois detectores de raios cósmicos abertos

Para podermos entender o funcionamento de cada componente, precisamos aprofundar na física envolvida.

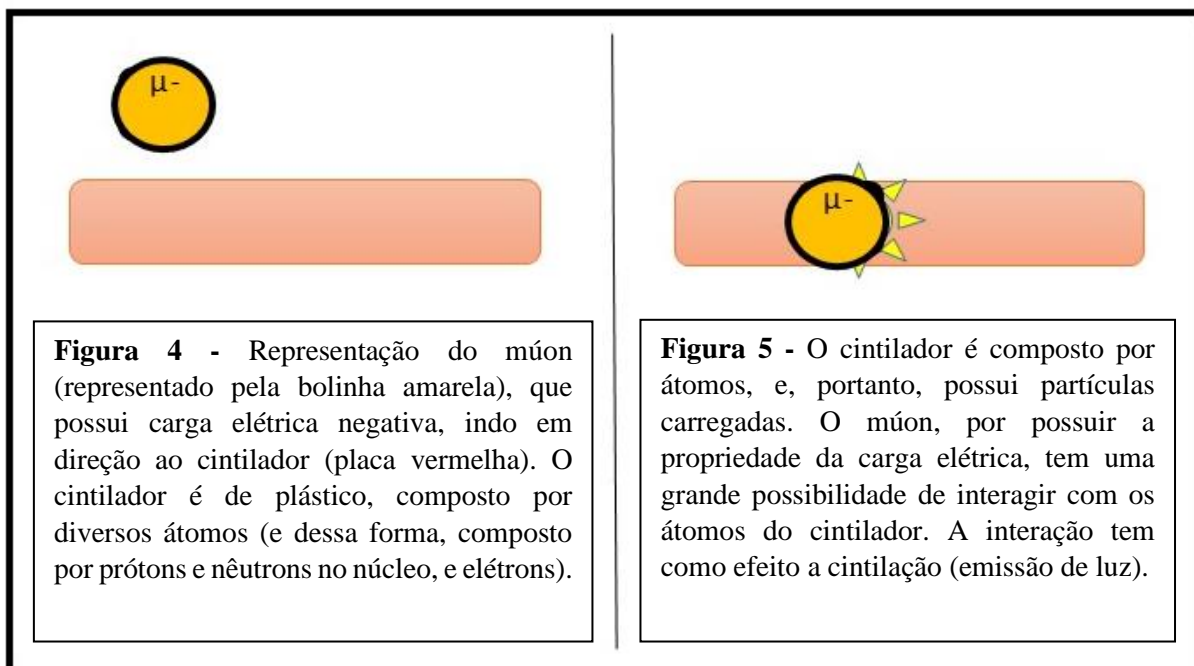
Um primeiro ponto a ser ressaltado é que **toda detecção pressupõe uma interação!** Ou, em outras palavras, **detectar uma partícula significa observar os efeitos que foram produzidos por essa partícula.** Lembre-se que uma interação acontece sempre entre duas (ou mais) coisas. Na atividade da aula anterior, nós notamos a interação dos raios cósmicos com o eletroscópio, sendo que o resultado dessa interação era o descarregamento do eletroscópio. Na notícia, notamos as possíveis consequências para a saúde devido a interação dos raios cósmicos com o corpo humano dentro de um avião. Na atividade das pegadas, notamos que mesmo sem ter observado o que aconteceu, somos capazes de contar uma história coerente com os efeitos (as pegadas) observadas.

De forma mais específica, anteriormente nós vimos uma outra interação: a interação elétrica entre dois elétrons. Notamos que essa interação acontecia à distância, devido à **propriedade da carga elétrica** e tendo como **efeito o afastamento** dos dois elétrons. **Para que haja uma interação, é necessário que um efeito seja causado devido à alguma propriedade** (ainda que esse efeito seja difícil de ser detectado). Quando observamos o efeito e conhecemos a propriedade, dizemos que ocorreu aquela interação. Como por exemplo: numa situação isolada, sabemos que os elétrons têm a propriedade da carga elétrica

e sabemos que houve o efeito deles se afastarem, logo podemos dizer que houve uma interação entre eles.

Esse é o primeiro passo para entendemos o funcionamento do detector: saber as propriedades de o que queremos detectar e as propriedades da componente que fará a detecção, e quando houver um dado efeito nós saberemos que houve a interação – e, portanto, a detecção. Precisamos também nos assegurar de que esse efeito realmente foi causado por essa interação (e não por alguma outra razão).

**Mas quais são as propriedades dos raios cósmicos?** O que exatamente eles são? Para nós, isso ainda está em aberto, e nós vamos descobrindo com nas próximas aulas. Por hora, podemos dizer que os raios cósmicos são um conjunto de diferentes partículas, com diferentes propriedades. Dentre essas partículas, algumas das que mais chegam à superfície da terra são os **múons**. O **múon**, assim como o elétron, tem carga elétrica negativa. O nosso detector é elaborado para detectar múons. A componente do detector que interage com os múons é o **Cintilador**. O efeito dessa interação é a **produção de luz**.



**Figura 4** - Representação do múon (representado pela bolinha amarela), que possui carga elétrica negativa, indo em direção ao cintilador (placa vermelha). O cintilador é de plástico, composto por diversos átomos (e dessa forma, composto por prótons e nêutrons no núcleo, e elétrons).

**Figura 5** - O cintilador é composto por átomos, e, portanto, possui partículas carregadas. O múon, por possuir a propriedade da carga elétrica, tem uma grande possibilidade de interagir com os átomos do cintilador. A interação tem como efeito a cintilação (emissão de luz).

Esse é um fenômeno conhecido como **fluorescência**. Ele acontece em diversos materiais e por diferentes radiações. Radiação é o deslocamento de energia por meio de partículas ou ondas. No caso do nosso detector, a energia cinética (energia associada ao movimento) do múon é transformada em energia eletromagnética, que compõe as ondas eletromagnéticas (ou luz). Uma forma de vermos esse fenômeno análogo à esse, numa dimensão macroscópica, seria fazendo uma experiência.

### O que é energia?

Energia é uma das grandezas mais complexas da física, e defini-la é um desafio. Em resumo ela é uma grandeza **abstrata**, que se manifesta de diferentes formas – no movimento de corpos, em campos gravitacionais, campos elétricos e etc. Em todas as diferentes manifestações, a energia total do universo é conservada – ou seja, ela não é criada nem destruída. Mas ela pode ser transformada, se manifestando de formas diferentes.

A energia cinética é a energia do movimento, em que na física clássica é dada pela equação:

$$E = \frac{mv^2}{2}; \text{ Onde } E \text{ é a energia cinética, } m \text{ é a massa e } v \text{ é a velocidade.}$$

## Experiência: A água que brilha no escuro

Para realizar o experimento da “água que brilha no escuro” os materiais necessários e suas funções estão descritos no Box 1.

**Box 1. Materiais necessários e suas funções:**

- Água tônica, que é o nosso material fluorescente;
- Água sanitária, realizando o papel de agente oxidante;
- Lâmpada do tipo luz negra (UVA), fonte de radiação UV.
- Recipiente transparente, onde será depositado os líquidos e por onde veremos a fluorescência;
- Conta gotas, para adicionar a água sanitária.



**Figura 6** – Materiais necessários para o experimento “Água que brilha no escuro”

**Procedimento:** Deve-se colocar a água tônica no recipiente transparente e “iluminá-la” com a luz negra - é recomendável que isso seja realizado em um ambiente com pouca iluminação para que os efeitos sejam mais visíveis. Ao irradiar a amostra de água tônica com a luz negra será possível observar que o líquido apresenta um brilho azulado!

**Atenção:** não irradie a luz negra diretamente aos olhos, pois pode machuca-los.

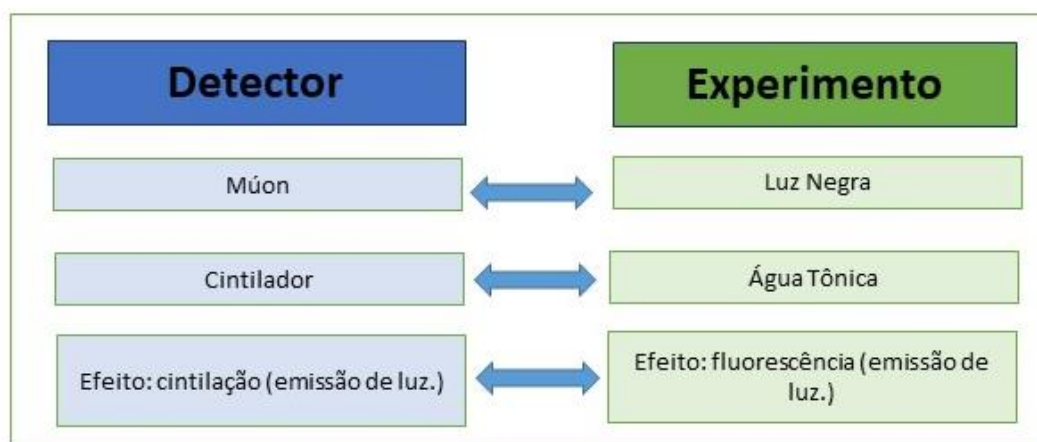
O que temos aqui é, então, uma representação visual do que discutimos logo acima, a fonte de energia, provinda da luz UV, ao incidir sobre a água tônica interage com as moléculas de quinina (responsável pelo sabor amargo da água tônica e também pela fluorescência), onde essas absorvem essa energia. Pouco tempo depois, essas moléculas emitem fótons com energia na faixa do visível e então somos capazes de ver, nesse caso, uma luz azulada. Quando adicionamos algumas gotas, com o auxílio de um conta gotas, de água sanitária ao recipiente com água tônica podemos verificar uma diminuição na intensidade da luz emitida, como não houve mudanças quanto a radiação incidida (continua sendo UV) presume-se que algo aconteceu com o material fluorescente. A água sanitária, quando adicionada a tônica, “retira a propriedade” da tônica interagir com a luz negra como acontecia anteriormente, de forma que o fenômeno de fluorescência deixa de acontecer.





## De volta ao detector

Como esse experimento nos ajuda a entender o funcionamento do detector? Bem, vamos explicitar a analogia.



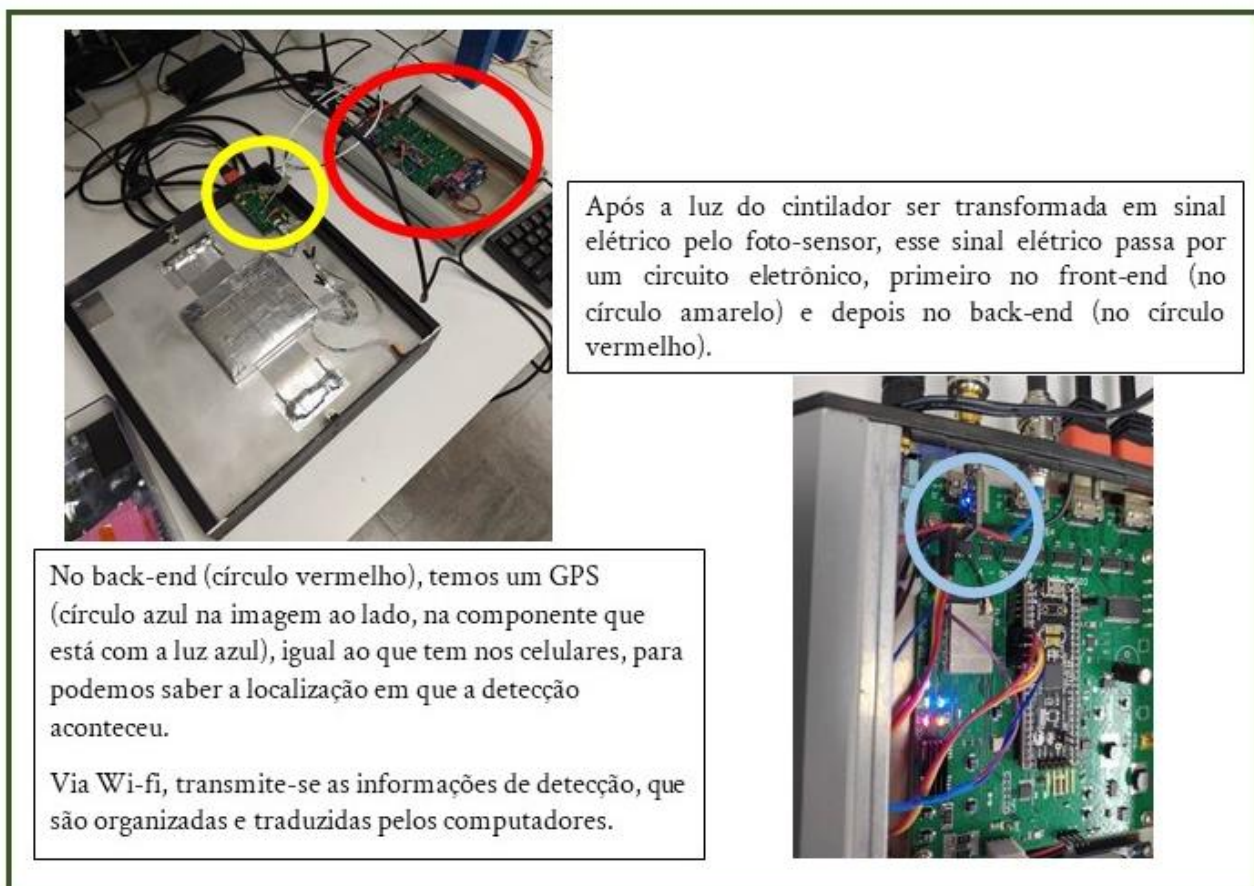
A luz negra no experimento seria análoga ao múon: é a fonte de radiação incidente. Mas a luz negra não é igual ao múon: a luz negra é uma onda eletromagnética, enquanto que o múon é uma partícula com carga negativa.

Ao incidir a luz negra na água tônica, como vimos, eles interagem e produzem como efeito a fluorescência (emissão de luz). Analogamente, quando o múon incide no cintilador, eles interagem e produzem como efeito a cintilação (emissão de luz).

No entanto, esse efeito só acontece dependendo das propriedades do material em que essa radiação está incidindo. Por exemplo, quando adicionamos a água sanitária na água tônica, a água tônica perde a propriedade que fazia ela interagir com a luz negra produzindo o fenômeno de fluorescência. Analogamente, se o cintilador perder a propriedade de reagir com o múon, não haverá o efeito de cintilação. E qual propriedade é essa? Numa primeira aproximação, podemos entender como a carga elétrica dos átomos que compõe o cintilador, que interagem com a carga elétrica do múon.

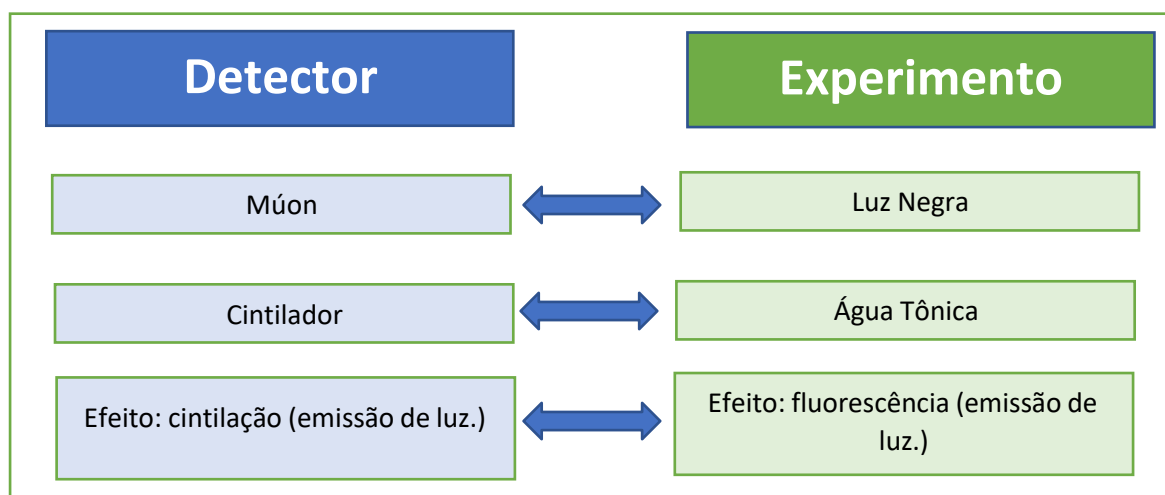
Mas e depois que essa luz é produzida? Como sabemos que detectamos um múon? Agora precisamos saber como a produção dessa luz se transforma em dados quantitativos que aparecem no computador.





## Explorando histogramas com o Jupyter

Anteriormente nós realizamos a demonstração “A água que brilha no escuro”, em que a ideia era estabelecer uma analogia entre a fluorescência da água tônica ao ser irradiada pela luz negra com a cintilação do cintilador ao ser irradiado por múons.



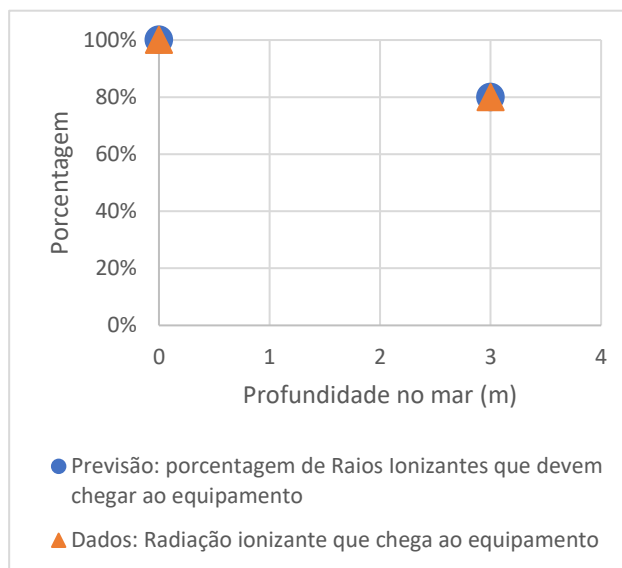
A luz produzida na interação do cintilador com o múon é então transformada pelo foto-sensor em um sinal elétrico, que passa por um circuito eletrônico, onde se associa a informação da detecção com outras informações (dia, horário, condições da detecção).

Retornando à algumas questões levantadas no início (como observar o invisível, de que tudo é feito, etc.), notamos que a forma de encontrar respostas através da ciência envolvem a elaboração de métodos de investigação, quase sempre mediados por instrumentos sofisticados. Desse modo, para termos uma ótima compreensão é necessário saber o funcionamento desses instrumentos.

Mais do que isso, por vezes as teorias desempenham papel fundamental nessa investigação. Para notarmos isso, podemos lembrar o experimento de Pacini:

### 5 - Domenico Pacini se aventurando pelo mar

**Domenico Pacini** realizou diferentes experimentos em montanhas, mar e lagos. Em seus experimentos no mar, sua inovação foi realizar duas medições diferentes. Colocando o eletrômetro numa caixa de cobre, media o descarregamento na superfície do barco e depois imergia esse equipamento há 3 metros de profundidade do mar, para medir o descarregamento. Seus resultados apontaram que dentro do mar, perdia-se cerca de 20% do descarregamento. Supondo que a radiação vem de cima, este era justamente o valor da previsão das equações de absorção dos raios ionizantes pela água do mar.



Para poder extrair informações a partir da coleta de dados, ele realizou uma previsão teórica sobre qual deve ser a diminuição do descarregamento do eletrômetro, partindo do pressuposto de que os raios cósmicos não são terrestres. Os dados coletados por ele apontam que há um acordo com a previsão. Notamos então que há um intenso diálogo entre teoria e experimentos.

### Um primeiro Histograma

A coleta de dados é uma etapa muito importante, e agora nós já entendemos como ela é realizada pelo detector. Entretanto, só ela não é suficiente para investigarmos a natureza. O experimento do Pacini ilustra isso. Se ele apenas tivesse medido o descarregamento do eletrômetro, seu experimento teria um impacto menor – foi fundamental ele ter tentado extrair mais informações a partir disso, e ele fez através da comparação com a previsão teórica.

Mas como podemos extrair mais informações dos dados coletados?

Um primeiro ponto é que por vezes é difícil compreender as informações mais imediatas dos dados coletados – e para isso, é necessário realizar o tratamento dos dados. Para ilustrar isso, vamos realizar uma atividade.

### Atividade: quais são as idades mais presentes?

Pergunte aos estudantes a idade de 5 pessoas que eles conheçam (o número de pessoas pode variar de acordo com o número de estudantes na sala). Anote na lousa apenas a idade que eles falarem. Por exemplo, supondo uma turma de 9 estudantes, teríamos algo como:

9	18	8	8	4	14	7	3	2	6
18	7	3	15	15	4	17	1	14	5
4	16	4	5	8	6	5	18	5	2
9	11	12	1	9	2	10	11	4	10
9	18	8	8	4	14	7	3	2	6

Esses são os dados coletados. Mas como extrair informações desses dados? Poderíamos nos indagar, por exemplo, qual é a faixa de idade que tem mais pessoas. Será que tem mais pessoas entre 16 e 18 anos, ou será que tem mais entre 5 e 7? Ou ainda, qual será que é a idade que mais aparece?

Para responder à essas perguntas, podemos proceder de duas formas. A primeira, seria a mais imediata, que consistiria em contar quantas pessoas tem entre 16 e 18 anos, contar quantas tem entre 5 e 7 e então comparar. A segunda forma, seria fazer algo mais generalizável, em que fosse possível não só comparar essas duas faixas de idades, mas qualquer faixa semelhante. É essa segunda forma que iremos proceder.

Para isso iremos elaborar um gráfico. Mas é um tipo específico de gráfico, chamado de histogramas: um gráfico que mostra a frequência ou o número de vezes que algo acontece em um intervalo específico.

De que precisamos?

- Régua.
- Folha de papel

4. Usando uma régua, desenhe os eixos, como mostra a Figura 1. Estas são as linhas vertical e horizontal que formam o contorno básico do histograma

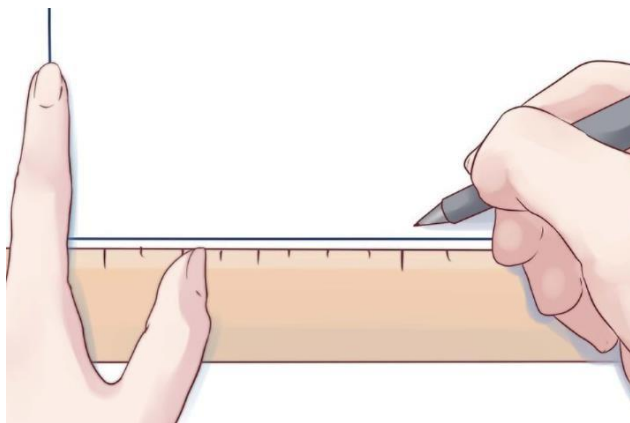


Figura 1 – Desenhando os eixos do histograma

5. Organize os canais. Em um histograma, os dados são visualizados em canais (agrupamentos). Esses canais são distribuídos uniformemente, portanto, você precisará fazer marcas de cada um deles ao longo do eixo horizontal. No exemplo da Figura 2 cada canal representa uma faixa etária: 0-4, 5-9, 10-14, 15-19, etc.

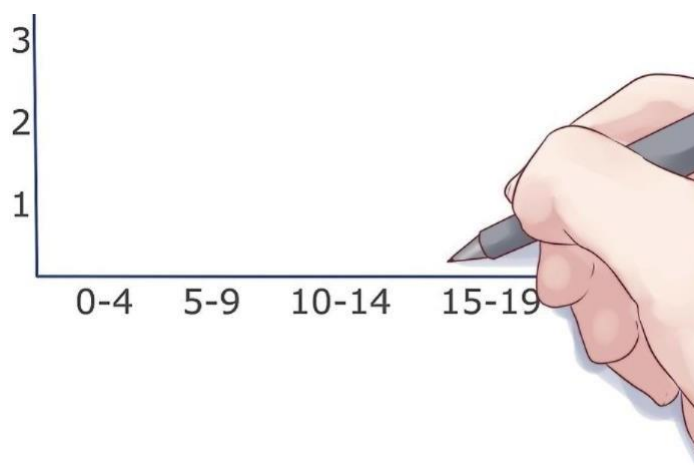


Figura 2 – Determinando os canais do histograma

6. Desenhe as linhas superiores horizontais para cada intervalo ou grupo levemente, no nível em que os dados foram medidos. Em seguida, desenhe as barras centralizadas sobre o ponto de dados que representam. Certifique-se de que as barras sejam uniformes e tenham a mesma largura entre si, como mostra a Figura 3.

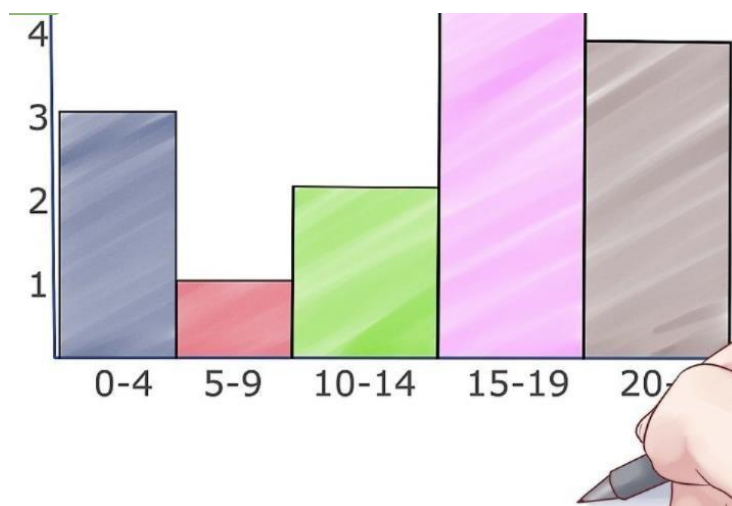


Figura 3 – Completando as frequências de ocorrência para cada canal do histograma.

No caso ilustrado, há 3 pessoas entre 0 a 4 anos.

Agora, vamos construir um histograma para as idades coletadas. O primeiro passo é determinar qual é faixa de idades que queremos estudar. A partir disso, apontamos qual é a frequência de ocorrência de idades para aquela faixa. Por fim, montamos o histograma.

Sugerimos separar os estudantes em duplas para tentarem montar histogramas. Talvez seja interessante dar um número de canais diferentes para cada dupla.

## Dificuldades e benefícios

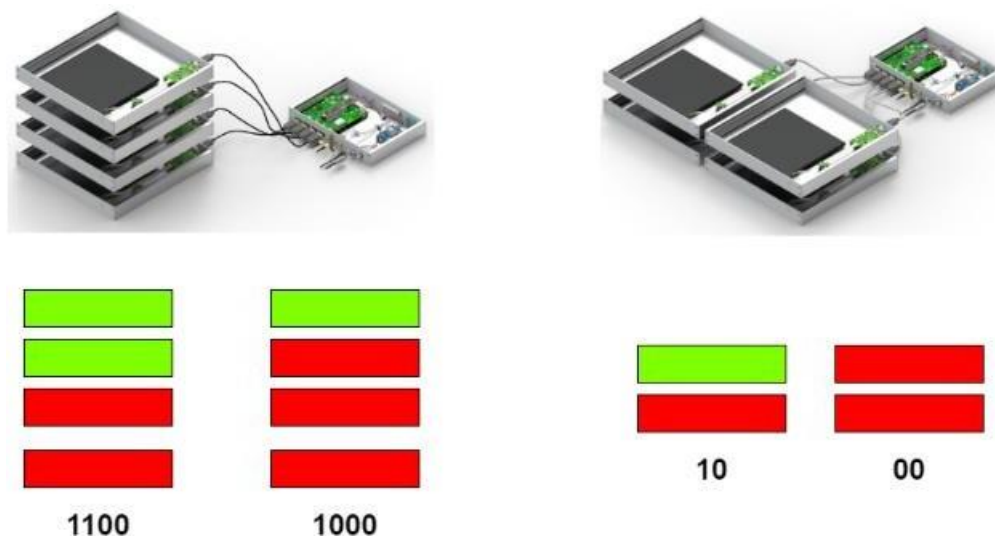
Nesse ponto, podemos notar algumas das dificuldades para elaborar o histograma. Por vezes, pode ser trabalhoso contar qual é a frequência para uma dada idade, além de acabar dependendo um tempo para montar o gráfico.

Entretanto, a forma gráfica depois de pronta fornece rapidamente as informações de qual é a frequência em cada canal, além de facilitar a comparação entre diferentes canais.

Mas e no caso do nosso detector? Nesse primeiro momento, vamos olhar para três informações que ele fornece. Os dados são mostrados em uma tabela, da seguinte forma:

	EventNumber	TriggerBits	Timestamp
1	109491	1000111	1989-09-29 13:55:03
2	109492	1000111	1989-09-29 13:55:03
3	109493	11101000	1989-09-29 13:55:04
4	109494	1000111	1989-09-29 13:55:04

Onde EventNumber seria o número do evento. O triggerBits é a informação de qual sensor foi acionado. Isso porque nós podemos ter diferentes sensores, e podemos colocar com diferentes disposições, conforme figura abaixo:



O timestamp fornece a informação de qual dia e horário ocorreu a detecção. Na tabela acima, seria a detecção ocorrida em 2019, mês 09 e dia 29, por volta das 13hs (o ano está incorreto na figura, pois mostra 1989, sendo apenas um problema na configuração da coleta).

Mas e se quiséssemos montar histogramas com esses dados? Poderíamos colocar o nosso detector nesta sala e deixar ele detectando múons ao longo de um dia. Após isso, poderíamos avaliar em qual horário teve um maior número de detecções.

Entretanto, se formos fazer com o papel vamos encontrar um problema. Isso porque o número de detecções que iríamos encontrar seria muito grande!

No dia 29 de setembro de 2019, nós realizamos um teste. Nós ligamos o detector às 13:55, e deixamos ele coletando dados até o final do dia. Nós chegamos em 54754 detecções apenas naquele detector!

	EventNumber	TriggerBits	Timestamp
54752	164242	1000111	1989-09-29 23:59:57
54753	164243	1000111	1989-09-29 23:59:59
54754	164244	1000111	1989-09-29 23:59:59

Se fossemos tentar montar histogramas à mão com esses dados, seria muito inviável.

Para superar isso, nós utilizamos a tecnologia!

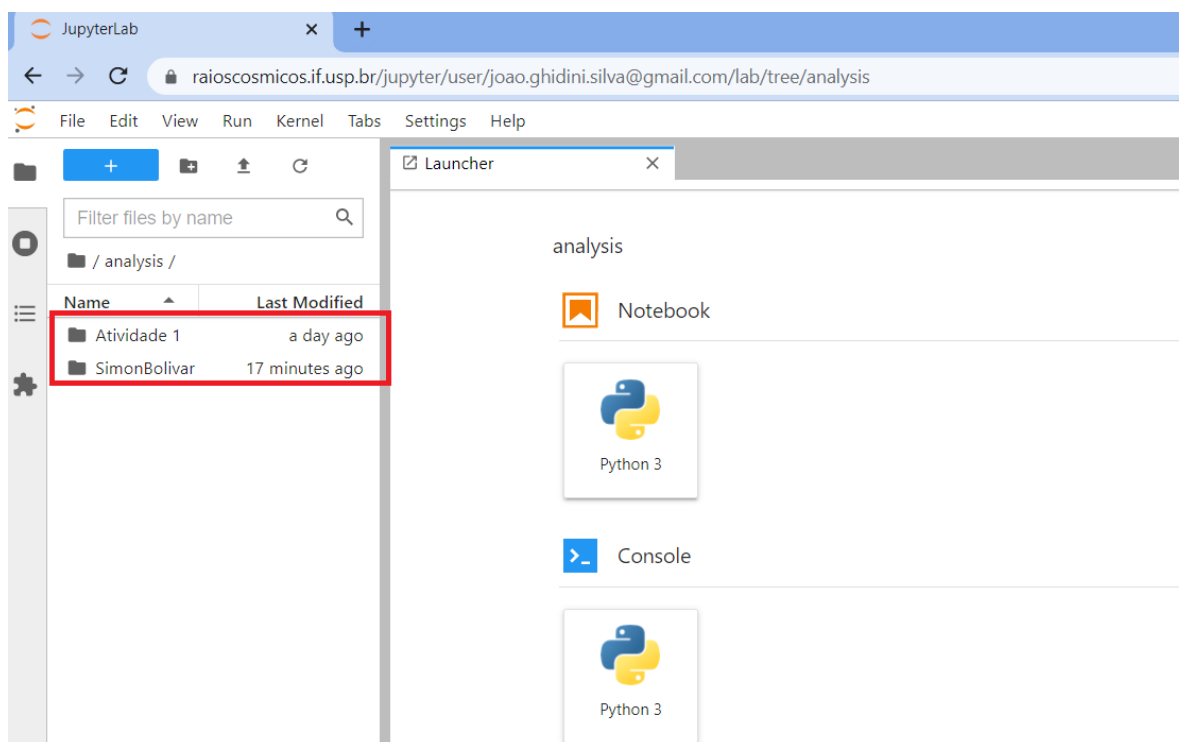


## O Jupyterlab

Para essa atividade os estudantes devem entrar no servidor do JupyterLab do projeto:

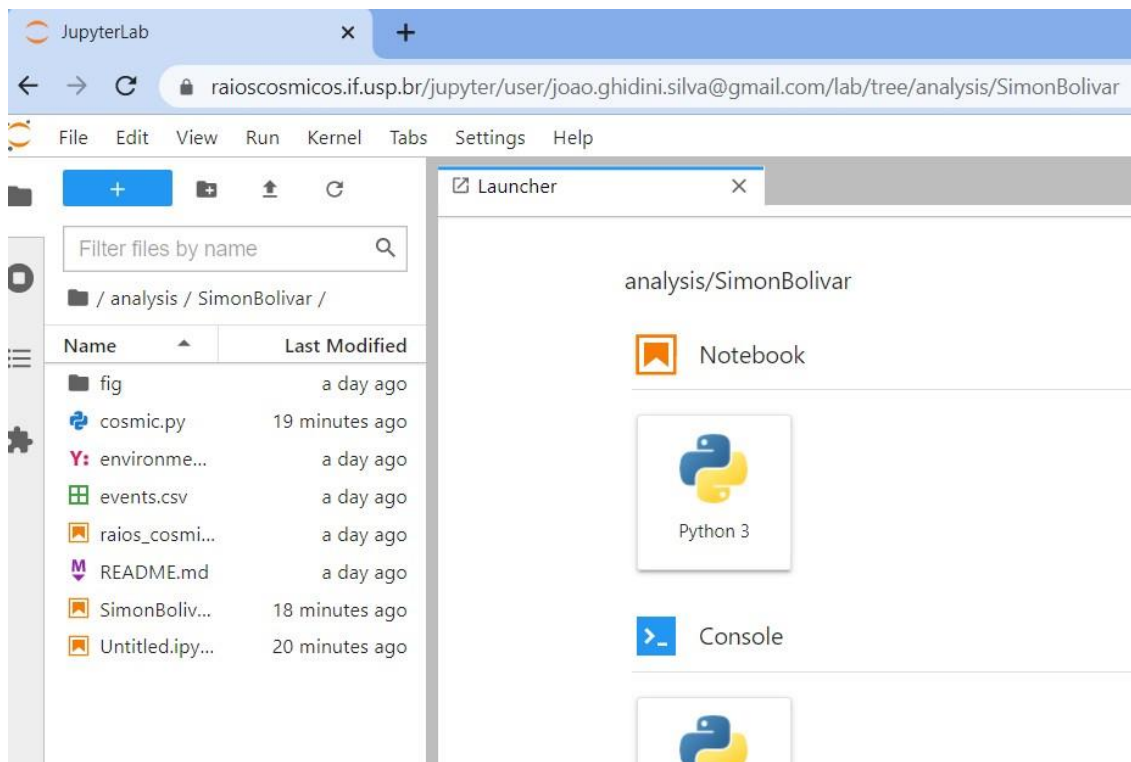
<https://raioscosmicos.if.usp.br/jupyter/user/joao.ghidini.silva@gmail.com/lab/tree/analysis>

E abrir a pasta correspondente à escola.

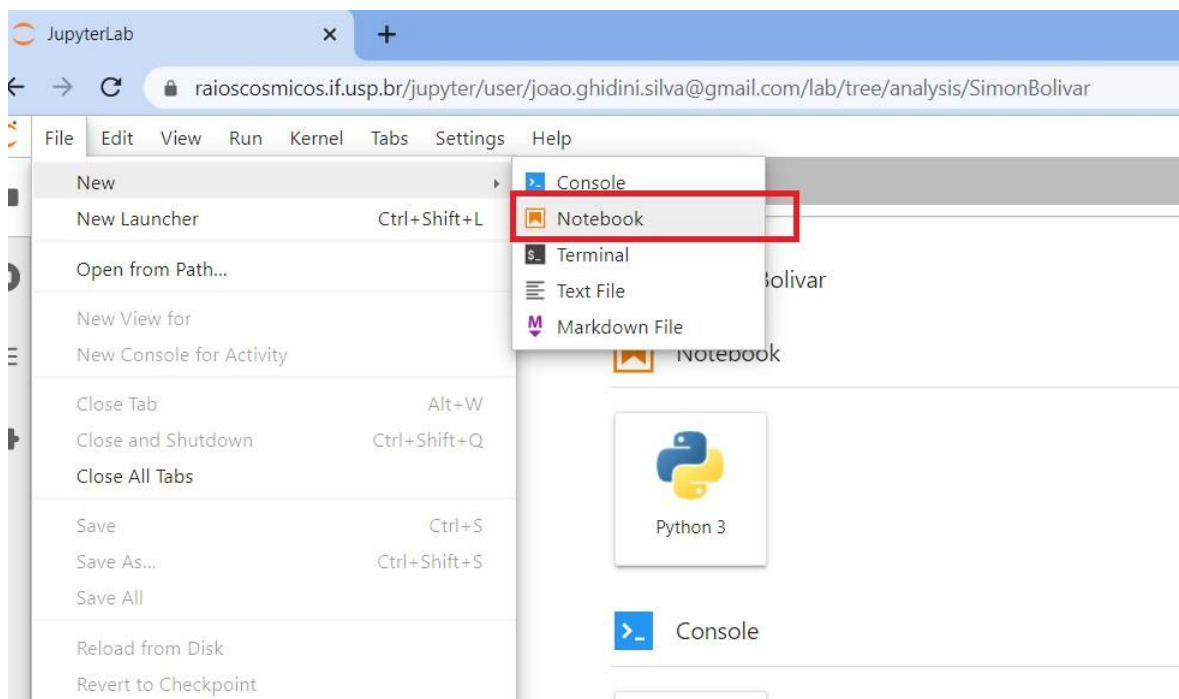


Dentro dessa pasta, eles verão a seguinte imagem:

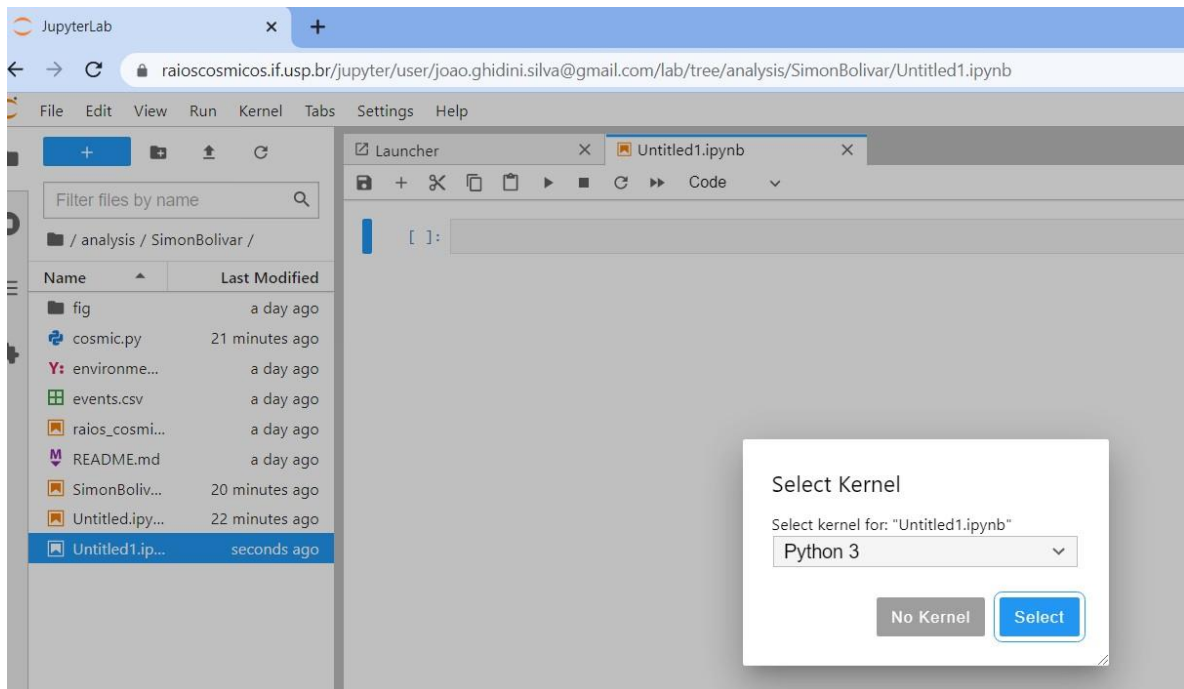




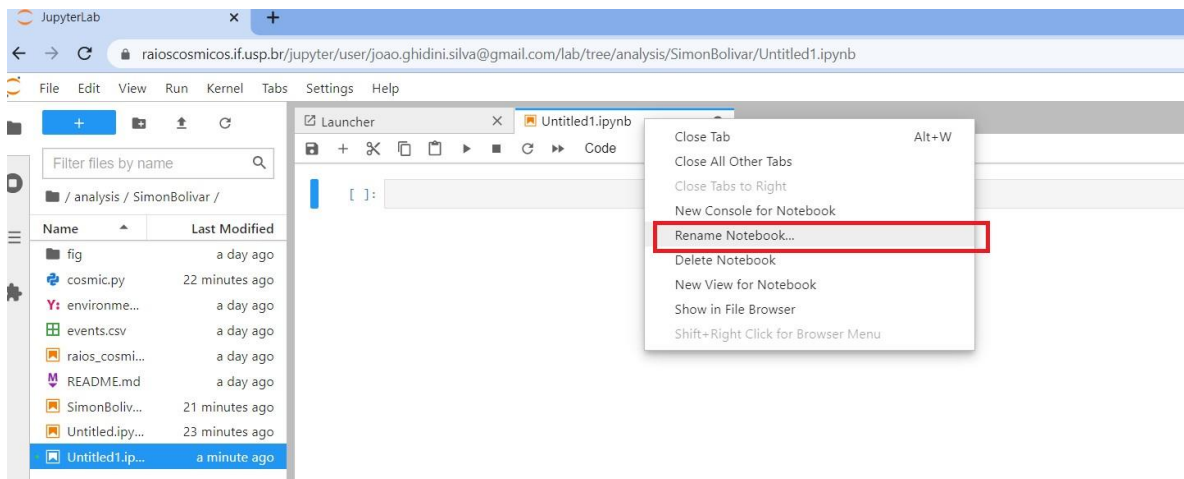
Devem então clicar no botão File, no canto superior esquerdo, colocar o ponteiro do mouse em cima de New e em seguida clicar em “Notebook”.



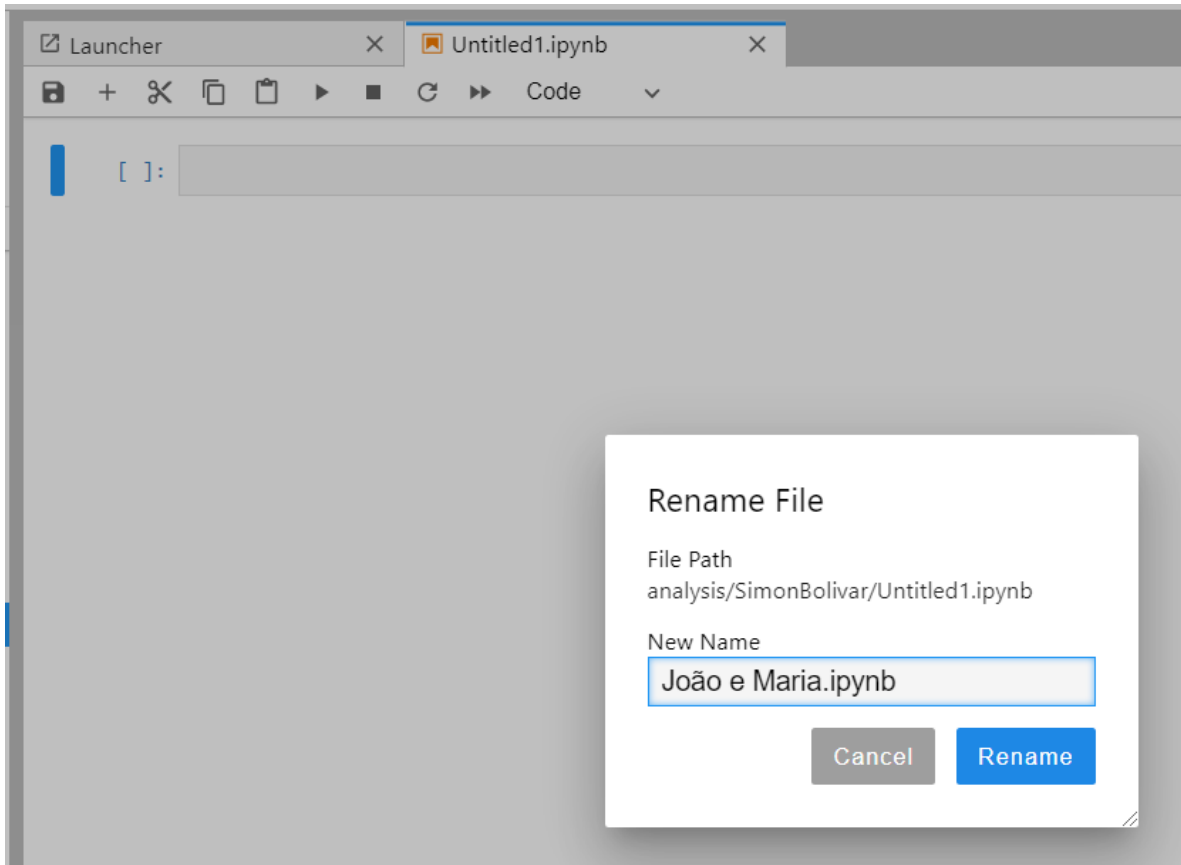
Na caixa que abrirá, deverão deixar selecionado “Python 3” e clicar em “Select”



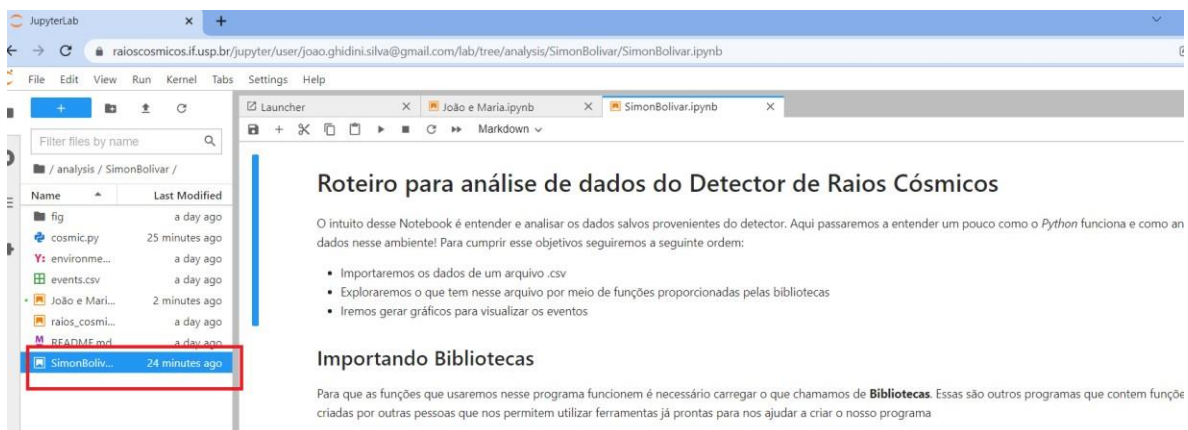
Devem então clicar com o botão direito no título do arquivo, e então clicar em Rename Notebook



Devem então digitar o nome dos integrantes e em seguida clicar em Rename. Esse será o Notebook desses integrantes!



Agora, além desse notebook criado pelos estudantes, eles deverão abrir o notebook que tem o nome da escola, dando um duplo clique sobre ele:



Para essa atividade, os estudantes devem ir alternando entre o notebook deles e o notebook da escola.

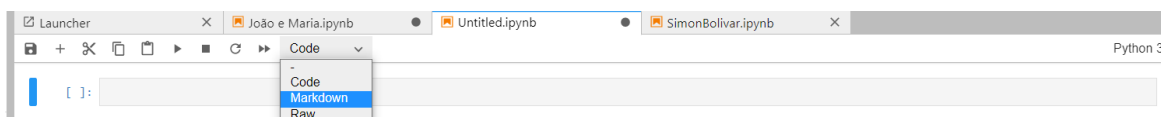
Eles devem ir lendo o roteiro escrito no notebook da escola, e sempre que encontrarem uma caixa de texto que ao lado direito tem um número entre colchetes, devem copiar o texto e alternar para o notebook que criaram.

## matplotlib

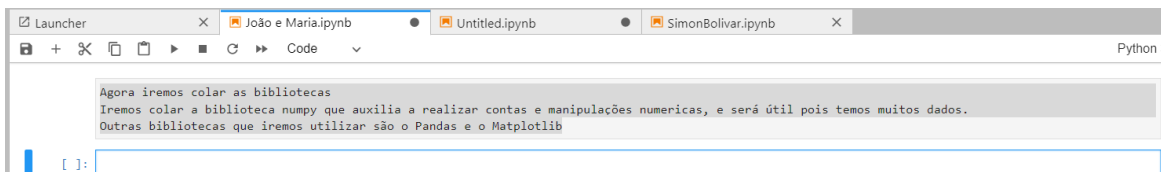
Matplotlib é uma biblioteca que possibilita a criação de gráficos robustos e altamente customizáveis. Além disso, é muito intuitivo conseguir construir um gráfico básico, o que o torna extremamente didático para iniciantes.

```
[1]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

No notebook que criaram, devem clicar no botão code no canto superior e selecionar Markdown. Com o markdown, o que os estudantes escreverem será lido pelo programa apenas como texto, e não um código.



Nessa linha, os estudantes devem escrever com as próprias palavras o que entenderam do texto do Notebook da escola, anunciando o que estarão fazendo.



Após terminar de digitar, devem apertar alt+enter. Na nova linha, com “code” selecionado, devem colar o código que haviam copiado do notebook da escola:

```
Agora iremos colar as bibliotecas
Iremos colar a biblioteca numpy que auxilia a realizar contas e manipulações numericas, e será útil pois temos muitos dados.
Outras bibliotecas que iremos utilizar são o Pandas e o Matplotlib

[4]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import cosmic
%matplotlib inline
```

Devem repetir esse processo para todo o roteiro.

**Que informações obtemos?**

Ao final, os estudantes devem ter encontrado dois histogramas. Olhando para os histogramas, levante questões para os estudantes:

- Há algum horário que exista uma variação significativa de detecções?
- Há alguma diferença no número de detecções entre esses dois dias?
- Quantas detecções aconteceram no horário X do dia Y?
- Vocês acreditam que nessa hora que passamos aqui na sala de aula, esse número todo de múons atravessaram cada um de vocês?

## Apêndice E: Meta discussão - A relação entre SEA e modelos

No capítulo 3, discutimos que na SEA existem discussões que estão na dimensão *meta*. Um trabalho relevante quanto a *meta* discussões é o de Sloane & Gorard (2003). Nele, os autores buscam explorar os aspectos da modelagem em *design experiments*. Após este trabalho, vários autores utilizaram a palavra “modelo” para abordar o conhecimento produzido (KELLY, LESH & BAEK, 2008).

Uma primeira definição para um modelo é que ele é o que conecta a teoria com o fenômeno, sendo uma idealização que visa fazer um bom ajuste. Sloane & Gorard (2003) utilizam uma abordagem estatística, separando a construção do modelo em três etapas, sendo elas a **formulação do modelo**: “[...] o modelo deve ser simples, mas também complexo o suficiente para descrever características importantes do processo alvo e os dados que pretendem representá-lo.” (SLOANE & GORARD, 2003, p. 29, tradução nossa), a **validação do modelo** (a partir dos critérios estabelecidos) e a **estimativa ou ajuste** (SLOANE & GORARD, 2003, p. 30, tradução nossa): “Incorpore a teoria de fundo, [...]”; “Colete e examine os dados para avaliar suas características mais importantes.”; “Lembre-se de que todos os modelos são aproximados e provisórios, para começar; e esteja preparado para modificar um modelo durante a análise ou à medida que mais dados são coletados e examinados.”

Entretanto, esse curto artigo deixa bastante espaço em aberto, como as questões: qual é a diferença entre modelagem com teoria e modelagem com dados? E o que exatamente é o “Fenômeno” que esses modelos representam?

Abaixo, expomos uma breve adaptação do trabalho intitulado “A abordagem de modelos como fundamentação para os métodos Teaching-Learning Sequence”, apresentado oralmente em 2022 no simpósio internacional IOSTE. O trabalho de natureza teórica realiza uma meta discussão sobre a SEA, interagindo com algumas propostas que identificam a SEA como uma prática de elaborar modelos. Com base na bibliografia de modelos na filosofia da ciência, nós identificamos problemas e questões da atual literatura e buscamos contribuir para a sua solução. Argumentamos que dois tipos de modelos são elaborados durante uma SEA: modelos teóricos e modelos de dados. Imergindo nas particularidades desses modelos, buscamos explicitar como a fundamentação interage com as questões da participação dos professores no design e das contribuições das grandes teorias.

### A SEA como prática de elaborar modelos

Encarando a SEA como a prática de elaborar modelos, para a nossa discussão, utilizaremos como embasamento principal o livro de Luiz Dutra (2013), uma literatura avançada sobre o assunto, em que o autor disserta sobre os principais autores da área de modelos de caráter conceitual e especulativo, alternando entre o descritivo e o argumentativo. Sobre as ciências humanas, o enfoque do autor está em problemas metodológicos mais gerais, o que é proveitoso para a presente seção.

Há diversas tipologias de modelos. Discutiremos dois tipos de modelos a partir da tipologia de Dutra (2013), trazendo-os para o contexto da SEA – os **modelos teóricos** e os **modelos de dados**. Propomos que **cada aula elaborada durante o design corresponda a um modelo teórico**. Dentre as suas características internas, citamos que os modelos teóricos são (1) criações novas e (2) autônomos em relação às grandes teorias (não são construídos exclusivamente por elas). Essas características convergem com a defesa de Kelly (2004), de que há um balanceamento entre o *contingente* (as partes do design que em alguma medida são arbitrárias) e o *necessário* (derivados a partir da escolha do quadro teórico de um determinado método), durante a etapa do *design*.

Entretanto, a formulação dos modelos teóricos esbarra nas duas questões citadas anteriormente. Por isso, é sugestiva a utilização de algo que conecte as grandes teorias com a formulação dos modelos, que explicita as contribuições dos professores e que possibilite uma avaliação teórica do *design* realizado. Durante o desenvolvimento da nossa SEA elaboramos uma ferramenta de Design que denominamos de **Estratégias de Design**. A ferramenta é composta por um documento em que se articula os diferentes princípios de design (como as grandes teorias e os problemas já conhecidos de ensinar determinado tópico) de forma a explicitar os elementos mais importantes a serem considerados durante a criação dos modelos teóricos. Nesta primeira parte, além deste *conhecimento necessário*, também se acrescenta o *conhecimento contingente*, em geral proposto por professores da educação básica e universitários, que relatam experiências e *insights* que julgam serem positivos para os modelos teóricos. Portanto, as **Estratégias de Design** são elaboradas antes do *design*, mas continuam sendo desenvolvidas durante o design. Deve estar garantido nas Estratégias de Design, prescrições quanto às **ações concretas** realizadas durante o design – a saber, preparação de atividades, escolha e justificativa dos assuntos e objetivos de aprendizagem e a construção da explicação. A ferramenta serve como guia para a elaboração e como instrumento de avaliação dos modelos teóricos

Os modelos teóricos também são (3) sistemas abstratos (não se localizam no espaço e no tempo), embora tenham manifestações parciais através da escrita em documentos. Em nosso caso, elaboramos um documento que continha uma apresentação, os objetivos de aprendizagem e os momentos da aula, com uma breve prescrição sobre o que deveria acontecer. Também elaboramos um material didático sobre o conteúdo a ser abordado em sala de aula. Esses documentos estão associados a dois aspectos externos deste modelo, a saber, a mediação entre teoria e realidade, e ao poder normativo, que não determina, mas influencia a aula lecionada.

A validação deste modelo é feita comparando com o **modelo de dados**. Estes modelos fazem a conexão entre a observação de campo e os modelos teóricos (DUTRA,

2013, p.269). A modelização aparece através da constatação de que o fenômeno a ser interpretado, ação própria das pesquisas qualitativas, é um evento social em que selecionamos determinadas variáveis de interesse e escolhemos um método para extraí-las, onde para o seu entendimento demanda interpretação sob a luz de teorias já construídas. Por vezes o conhecimento que obtemos a partir dos modelos de dados não estão previstos *a priori*, mas mesmo assim tem potencial para auxiliar no aperfeiçoamento da SEA.

Como os estudos estão centralizados em eventos sociais, para o entendimento é necessário previamente existir algum conhecimento sobre o comportamento das pessoas em seu contexto social (e.g. *cultura escolar*) ou o funcionamento do organismo (e.g. aprendizado dos estudantes). Como aponta Dutra (2013), essa é uma dificuldade adicional das pesquisas envolvendo eventos sociais e caracteriza o **problema da calibragem**: em que medida o entendimento de um evento social depende dos conhecimentos prévios. O problema da calibragem também está associado à busca por evitar reificações e afastar falsas causas (Dutra, 2013).

Nesta seção, localizando alguns problemas da atual literatura sobre design como modelagem e situando o problema da participação dos professores e das grandes teorias na SEA, realizamos uma meta discussão em que a SEA é tida como a prática de elaborar modelos. Propomos que se utilize uma tipologia de modelos, onde as preparações das aulas são identificadas como a criação de modelos teóricos, que são melhor elaborados se houver uma ferramenta de design que guie a sua elaboração através da articulação dos princípios de design com as contribuições de professores durante a etapa de design. Por outro lado, a validação dos modelos teóricos não é realizada a partir da comparação com os dados, mas sim com os modelos de dados, que são elaborados a partir do entendimento dos eventos sociais. Encontrar a calibragem adequada é um dos desafios da SEA.