UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA,
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS E FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TALITA RAQUEL LUZ ROMERO

MODELOS E EXPLICAÇÕES:
A APROPRIAÇÃO E O USO DE ENTIDADES
CIENTÍFICAS PELOS ALUNOS

São Paulo

2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA,
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS E FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TALITA RAQUEL LUZ ROMERO

MODELOS E EXPLICAÇÕES:
A APROPRIAÇÃO E O USO DE ENTIDADES
CIENTÍFICAS PELOS ALUNOS

Dissertação de mestrado apresentada aos Institutos de Física, de Química e de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Maurício Pietrocola

São Paulo

2012

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

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

Romero, Talita Raquel Luz

Modelos e explicações: a apropriação e o uso de entidades científicas pelos alunos. – São Paulo, 2012.

197 p.: il. + anexos

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

Orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira

Área de Concentração: Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Modelos (Filosofia da ciência - Educação); 3. Explicações (Filosofia da ciência - Educação); 5. Narrativas (Educação).

USP/IF/SBI-054/2012

Aos meus pais e amigos, Marcos e Elzira.

Meus alicerces!

Agradecimentos

Quando terminamos um mestrado, passamos por uma ruptura em nossa vida. Embarcamos em uma viagem que dura muito tempo e nos marca para sempre. No início é muito agradável, com muitas novidades, novas rotinas, novas descobertas. Com o tempo começamos a sentir saudades de nossa casa, de nossa rotina anterior, temos vontade de chorar por qualquer coisa e nossa família e amigos não aguentam mais a nossa “dissertação”. E são nestes momentos em que precisamos de nossos companheiros de viagem, que nos acolhem e nos mostram para que além do mestrado existe vida.

Muitos destes companheiros marcaram profundamente e os levarei eternamente no coração, outros foram companheiros eternos de muitas viagens e com os quais ainda pretendo continuar embarcando em novas aventuras.

Meus pais, Marcos e Elzira, e meus irmãos, Murilo e Jivago. Pelo exemplo, orientação, amor, segurança. Por tornarem meus sonhos possíveis. Pelas caipirinhas e todos os trabalhos manuais de artesanato e jardinagem. Pelas piadas e tirações de sarro com meu estresse. Por manter meu quarto por tantos anos como indicação de que sempre poderia voltar. Pelo ambiente acolhedor e pacífico. Pelo jardim, cachorras e passarinhos. Por serem peças fundamentais da minha existência, na minha vida.

Professor Maurício, meu exemplo. Muito obrigada por tudo. Por exaltar minhas qualidades e me incentivar a transpor minhas dificuldades. Por todas as oportunidades. Por toda a paciência e atenção. O admiro muito, professor!

Meu companheiro de aventuras, Peterson. Muito obrigada pela paciência, chamego, olhar e ouvido atento a todas as minhas lamúrias e aflições. Por mesmo depois de tudo isso ainda ser meu companheiro.

Querida irmã e amiga Henriette, obrigada por viver comigo todas as etapas deste percurso. Pelas pausas essenciais das intermináveis tardes de estudo. Pelo bom café e as muitas risadas. Nas vacas magras e nas gordas.

Minha grande amiga e sócia Renata. Mais de uma vez, Renata, obrigada pela leitura amorosa, atenção e toda a cumplicidade. Por se desdobrar para estar presente. Por saber o quanto é importante.

Minha amiga Angélica, muito obrigada por sempre colocar música na minha vida e por compartilhar neuroses e os melhores vinhos.

Guilherme, obrigada por fazer seu doutoramento no exterior. Graças a essa distância percebi o quanto gosto de você. Em especial agradeço por toda força e garra sempre precedida de um humor que eu adoro.

Estevam, Alexandre e Vanessa, vocês foram fundamentais! Abraçaram a bucha comigo. Se arriscaram na sala de aula com seus alunos com muita disposição e me renderam os melhores momentos deste trabalho.

Aos meus queridos amigos Cabelo, André, Rafael, Milton, Nicoli e Fernanda. Sobretudo pela paciência. Por ouvirem todos os meus 'nãos' e ainda assim promoverem momentos essenciais para minha sanidade mental. Cabelo, alguns amigos são para sempre. André, obrigada por me ouvir repetidas vezes dizer "hoje termina" e continuar a me apoiar. Rafael, Milton, obrigada pelas dicas que me deram, foram o ponta pé inicial para a escrita deste trabalho. Nicoli, obrigada por todo o samba e nós desatados.

Ao meu chefe, Prof. Ewout. Porque com certeza sabia que eu estava iludida achando que existia tranquilidade depois da qualificação e mesmo assim me aceitou no grupo ATP.

Esta viagem só teve êxito porque eu contei com vocês e eu sabia que meu porto seguro estava lá, esperando por mim, e nenhum vendaval foi capaz de me tirar a amorosidade, alegria de viver, o riso (gargalhada) fácil e a paz.

Sumário

Resumo	14
Abstract	15
CAPÍTULO I: Introdução	16
1.1 Motivações pessoais e da área de pesquisa para desenvolver este estudo	16
1.2 Formulação do problema	20
1.3 Perguntas e objetos de investigação	25
1.4 Decisões metodológicas e desenho geral da investigação	27
1.5 Organização da dissertação	30
CAPÍTULO II: Marco teórico	31
2.1 Modelos e explicações na Ciência	31
2.1.1 O que são modelos?	31
2.1.2 Modelos segundo Mario Bunge	39
2.2 Modelos e explicações no ensino de ciência	44
2.2.1 A construção de entidades e futuras explicações	47
2.2.2 Explicações como narrativas	51
2.3 Considerações sobre os marcos teóricos	55
CAPÍTULO III: Metodologia	58
3.1 Perspectiva metodológica. Considerações gerais	58
3.2 Instrumentos metodológicos. Caracterização da pesquisa	60
3.2.1 Apresentação das atividades	63
3.2.1.1 Atividade 01 - Entrevista com um elétron	63
3.2.1.2 Atividade 02 - Elaboração de um storyline	64
3.2.1.3 Atividade 03 - Elaboração de um roteiro de animação e um storyboard	65
3.2.2 Fontes de dados e contexto de intervenção	66
CAPÍTULO IV - Análise de conteúdo	73

4.1 Exploração do material e tratamento dos dados	73
4.1.1 Atividade 01 - Entrevista com um elétron	74
4.1.1.1 Questão 01	74
4.1.1.2 Questão 02	78
4.1.2 Atividade 02 - Elaboração de um storyline	84
4.1.3 Atividade 03 - Elaboração de um roteiro de animação e um storyboard	87
4.1.3.1 Parte 01 - Roteiro de uma animação	87
4.1.3.2 Parte 02 - Storyboard	91
4.2 Inferência e interpretação dos dados construídos	98
4.2.1 Atividade 01	99
4.2.1.1 Aluno XX da Escola A	100
4.2.1.2 Aluno 07 da Escola C	101
4.2.1.3 Aluno 31A da Escola D	103
4.2.1.4 Aluno 11A da Escola D	105
4.2.2 Atividade 02	107
4.2.2.1 Aluno 11 da Escola A	107
4.2.2.2 Aluno 05 da Escola C	108
4.2.2.3 Aluno 37 da Escola C	110
4.2.2.4 Aluno 23B da Escola D	111
4.2.3 Atividade 03	113
4.2.3.1 Aluno 10 da Escola C	113
4.2.3.2 Aluno 29 da Escola C	116
Considerações finais	119
CAPÍTULO VI - Bibliografia	125
ANEXO 01 - Atividade 01	132
ANEXO 02 - Orientações ao professor para atividade 01	139
ANEXO 03 - Atividade 02	141

ANEXO 04 - Orientações ao professor para atividade 02	143
ANEXO 05 - Atividade 03	145
ANEXO 06 - Orientações ao professor para atividade 03	148
ANEXO 07 - Atividade 01 - Escola A	152
ANEXO 08 - Atividade 02 - Escola A	157
ANEXO 09 - Atividade 01 - Escola C	159
ANEXO 10 - Atividade 02 - Escola C	163
ANEXO 11 - Atividade 03 - Parte 01 - Escola C	168
ANEXO 12 - Atividade 01 - Escola D	181
ANEXO 13 - Atividade 02 - Escola D	191

Resumo

Esta pesquisa, vinculada à concessão da bolsa CNPq e intitulada “Modelos e Explicações: a apropriação de entidades científicas e o uso que os alunos fazem delas”, assume a importância dos modelos tanto na ciência quanto no ensino, destaca que a produção de explicações se dá por meio dos modelos e propõe investigar a relação entre a construção de modelos na ciência e no ensino de ciências por meio das entidades.

Enquanto representações eficazes do mundo físico, os modelos científicos precisam passar pela transposição didática para constituírem-se como objetos de ensino. Deste modo este trabalho tem também como objetivo compreender quais aspectos da construção de modelos na ciência pode/deve ser transposto para o contexto escolar. Avançaremos em relação à ideia de que uma adequada definição de modelo, tanto na ciência quanto em seu ensino, se relaciona com a necessidade de explicar e permite uma descrição satisfatória dos procedimentos empregados por pessoas em busca de uma explicação de um sistema físico. Assim, a esta pesquisa, são adicionadas duas questões importantes à investigação: como os alunos usam os modelos da ciência para a produção de explicações e como as entidades presentes no mundo cotidiano e no mundo da ciência participam da construção dessas explicações?

Esta investigação encontra apoio no filósofo Mario Bunge (1974; 1985) e justifica discussão sobre modelos e modelagem em sua perspectiva pelo fato dele considerar que o papel fundamental da ciência é a construção de modelos e seu principal objetivo é produzir explicações para os fatos reais. O processo de construção de modelos e explicações pressupõe que as explicações produzidas pela ciência pertençam a um cenário pré-definido, no qual cada entidade desempenhe papéis que atendam as expectativas e exigências delimitadas pelo contexto. Sendo assim, continua por procurar uma aproximação entre a ideia de entidades e de objetos-modelo definido por Bunge. Para isso, são apresentadas duas estratégias metodológicas que se concentram em elaborar, implementar e analisar atividades de ensino-aprendizagem sobre duas entidades físicas escolhidas: carga e campo.

Abstract

This research, linked to the granting of the CNPQ scholarship and entitled “Models and explanations: the appropriation of scientific entities and students’ use of it”, assumes the importance of models in both science and education, highlights that the production of explanations is given by models and proposes to investigate the relationship between the construction of models in science and science education through entities.

While effective representations of the physical world, the scientific models need to pass the didactics transposition in order to constitute themselves as teaching objects. Thereby this research has also as a target to comprehend which aspects of models’ construction in science may/must be transposed to the educational context.

We will proceed the idea that a suitable model definition, both in science as in its teaching, is related with the need to explain and permits a satisfactory description of the procedures applied by people searching an explanation of a physical system. Therefore, to this research, we add two important questions to the investigation: how do students use the models of science in producing explanations and how do the entities present in the everyday world and in the world of science participate in the construction of these explanations?

This investigation is supported by the philosopher Mario Bunge (1974; 1985) and justifies the discussion of models and modeling in his perspective by the fact that he considers that the fundamental role of science is the construction of models and its main objective is to produce explanations to real facts. The process of construction of models and explanations presuppose that explanations produced by science belong to a pre-defined scenario, in which each entity perform roles that attend the expectation and the demands delimited by its context. Therefore, it continues to look for an approximation between the idea of entities and model-objects defined by Bunge. To do so, we present two methodological strategies that concentrates in elaborate, implement and analyze activities of teaching-learning about two Physical entities chosen: charge and field.

CAPÍTULO I: Introdução

“Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fazemos”.
(Freire 2006)

Neste capítulo expomos os aspectos que motivaram o desenvolvimento deste estudo a partir da formulação de uma situação-problema presente no ensino de ciências. Apresentamos as perguntas e os objetivos da investigação, assim como as decisões metodológicas que foram necessárias para desenhá-la. No final do capítulo apresentamos a organização geral da dissertação.

1.1 Motivações pessoais e da área de pesquisa para desenvolver este estudo

O interesse pessoal pelos modelos, principal instrumento da ciência moderna, nasceu tardiamente. Isto aconteceu em 2003, no decorrer da Licenciatura em Física, enquanto ainda era estagiária da Estação Ciência. Lembro claramente da formação oferecida aos estagiários do museu para a área de Biologia da qual, por curiosidade, participei. O objetivo era construir pontes entre o mundo abstrato da Biologia Molecular, o mundo palpável do fenômeno dos ciclos vitais e o entendimento e construção do modelo da dupla fita de DNA. Para isso, grupos de estagiários foram convidados a participar de uma dinâmica na qual cada componente do grupo deveria tocar um objeto escondido dentro de uma caixa por um minuto, enquanto descrevia aos outros o que sentia, para então elaborarem um esquema (um modelo) acerca do objeto dentro da caixa. As discussões que envolveram essa dinâmica, as percepções e esquemas elaborados pelos grupos causaram-me espanto quando me dei conta de que não é possível ‘ver’ as fitas de DNA ao olhar por um microscópio. Ampliar esta constatação para o ‘modelo’ celular (no microscópio, só a cortiça tem divisão celular igual a desenhada nos livros didáticos), para o ‘modelo’ atômico (pensava que a ideia do pudim de passas era uma questão de falta de tecnologia) e uma infinidade de outros objetos da ciência que eu acreditava serem ‘reais’,

porém microscópicos, nanoscópicos, gerou diversos sentimentos em mim, entre eles a curiosidade.

Em 2004, tive o primeiro contato com a pesquisa em ensino ao cursar a disciplina ‘Metodologia de Ensino de Física’, com o professor que me auxiliou a aproximar a pesquisa em ensino da própria Física, até então separadas em minha mente. No ano seguinte, comecei a participar junto ao NUPIC - Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares - do projeto de pesquisa coordenado pelo professor Maurício Pietrocola intitulado: “Modelos e Explicações: a construção da realidade e suas bases emocionais”. Conheci as sequências de ensino-aprendizagem desenvolvidas por um mestrando do grupo (Brockington 2005) juntamente com professores da rede Estadual de São Paulo sobre a dualidade onda-partícula. Estas sequências apresentavam uma distinção entre a ideia de modelo no cotidiano e o seu papel na Física com o objetivo de desfazer a falsa noção de que as concepções científicas refletem a realidade e, por conseguinte, constituem-se em verdade final. Ficou claro para mim que a ciência é uma construção humana e, portanto, sujeita a reformulações. Pude então ampliar meu conhecimento sobre esta área de pesquisa e meus interesses começaram a tomar forma.

Com o desenvolvimento da Iniciação Científica ficou claro que a ponte entre o que se sabe e o que deseja-se saber é costumeiramente construída através de modelos, analogias e metáforas. Entrei em contato com a extensa literatura sobre como modelos são construídos, aplicados, testados, observados, revistos e interpretados (Develaki 2007; Giere 2007; Grandy and Duschl 2007; Halloun 2007; Koponen 2007; Matthews 2007; Van Der Valk, Van Driel et al. 2007; Giere 2008). Também tive acesso a investigações sobre a função que os modelos desempenham tanto na ciência como em seu ensino. Aprendi que as pesquisas focadas nos usos de modelos no ensino-aprendizagem¹ podem focar vários aspectos dessa utilização como, por exemplo, tipologia de modelos, seu papel heurístico, os processos de modelagem, a relação entre modelos intuitivos e modelos científicos etc. A partir disso foi possível perceber a importância atribuída a este tema e o crescente interesse acerca dos modelos na Ciência e em seu ensino.

¹ Algumas das justificativas dessas pesquisas partem da constatação de que os professores costumam, assim como Aristóteles fazia, começar com o conhecimento daquilo que é familiar e construir a partir e acima deste.

As quatro indicações selecionadas e elencadas a seguir justificam, em partes, a proliferação de pontos de vista sobre o que são modelos na ciência e em seu ensino. São elas:

- (i) Número especial da revista *Science & Education* de agosto de 2007²;
- (ii) O GIREP – Group International de Recherche sur l'Enseignement de La Physique de 2006³ que teve por tema “Modeling in Physics and Physics Education”;
- (iii) O Simpósio “The Pragmatics of Scientific Representation” de 2003, do qual participaram Ronald Giere e Bas Van Fraassen⁴; e,
- (iv) A “Conference on Model-Based Reasoning” que começou em Pavia, 1998 e teve cinco edições, sendo a última na UNICAMP em 2009⁵.

Os estudos veiculados por essas revistas, congressos, simpósios e conferências fomentam uma variedade de debates; desempenham um papel importante nas discussões sobre modelos e explicações; afetam os debates sobre a natureza das leis, tempo, espaço e causalidade; e são centrais para a reflexão filosófica sobre as questões de modelização e teorização científica. Também levam alunos de diversos níveis escolares a examinar modelos de diversos tópicos à natureza de teorias científicas, assim como hipóteses, metáforas e analogias em explicações científicas, experiências e aplicações dos modelos (Adúriz-Bravo and Izquierdo-Aymerich 2005); (Grandy 2003; Grandy and Duschl 2007); (Halloun 1998; Halloun 2007); (Develaki 2007). Essas pesquisas apresentam diferentes enfoques, por via das dimensões epistemológica (Gilbert, Boulter et al. 1998; Gilbert, Boulter et al. 2000; Gilbert, Pietrocola et al. 2000), pedagógica (Weller 1970); (Sutton 1978; Sutton 1980) e psicológica (Gentner and Stevens

² Os nove artigos publicados nesta edição podem ser encontrados no site: <http://www.springerlink.com/content/0926-7220/16/7-8/>.

³ Os trabalhos completos apresentados neste congresso podem ser acessados em: <http://www.girep2006.nl/>.

⁴ O resumo dos trabalhos desse simpósio abordam análises filosóficas e casos históricos para ilustrar a função dos modelos na Ciência e podem ser encontrados em: http://www.philsci.org/archives/psa2002/abstracts/16_abstracts.htm.

⁵ Uma relação de livros derivados destas conferências pode ser encontrado em: http://www-3.unipv.it/webphilos_lab/courses/progra4.html.

1983); (Johnson-Laird 1983) da construção, aplicação e confiabilidade dos modelos devido a grande importância (talvez demasiada) atribuída à ‘natureza da ciência’ na estrutura e no desenvolvimento dos currículos escolares ao redor do mundo.

O ensino pensado a partir dessas três dimensões tem sido apontado como efetivo para a compreensão dos conceitos científicos. Como resultado observa-se uma extensão dessa área de pesquisa se que iniciou no ensino universitário de Física para outros níveis de ensino e áreas do conhecimento científico, como a Química e a Biologia (Greca and Santos 2005). Assim considerando, a presente pesquisa discute em particular os modelos e a modelagem do ponto de vista da Física.

Embora haja uma grande variedade sobre o que se entende por “modelos”, as pessoas em geral produzem e incorporam modelos para lidar com as situações cotidianas. Consideramos importante a tendência filosófica específica para análise das teorias científicas que surgiu na década de 70 denominada Model Based View (MBV) [(Develaki 2007); (Halloun 2007)]. Outras várias tendências estão ligadas a ela, como ‘non-statement view’, ‘semantic view’, ‘predicate view’ e ‘model-theoretic view’, que compartilham a importância do conceito de modelo, entendido como um elemento estrutural básico na construção da ciência e mediador entre a teoria e a realidade (Suppe 1977); (Giere 1988); (Grandy 2003).

A importância do MBV para as ciências e seu ensino é citada por pesquisadores como Giere (1988; 1999; 2002; 2004; 2007) e Nersessian (1995; 2008), que consideram os aspectos cognitivos e o processo de fazer Ciência de grande relevância. Para o MBV a elucidação de uma imagem autêntica da Ciência, passa pelo tratamento dos modelos e da modelagem tendo papel central na justificação e formação de conhecimento.

Acreditamos que esta perspectiva, principalmente na abordagem cognitiva de Giere (idem) permite, por um lado, dar à educação científica uma fundamentação epistemológica satisfatória para compreensão da natureza da ciência, bem como produzir uma ação didática voltada ao planejamento inovador dos currículos, à formação continuada de professores e a uma reconsideração do seu papel (AdÚriz-Bravo and Izquierdo-Aymerich 2005).

Por outro lado, afeta profundamente os currículos, os métodos de instrução e de ensino-aprendizagem em geral (Gobert and Buckley 2000); (Justi and Gilbert 2000); (AdÚriz-Bravo and Izquierdo-Aymerich 2005) e as concepções de professores acerca da natureza do conhecimento científico (Justi and Gilbert 2002); (Van Driel and Verloop 1999).

Na prática de ensino-aprendizagem o papel dos modelos para a representação do conhecimento é certamente relevante. A aprendizagem da Ciência é vista como um processo de construção de conhecimento de domínio específico, caracterizada pelo desenvolvimento de diferentes estruturas conceituais. Por isso, as questões epistemológicas e metodológicas ligadas a modelos e modelagem tocam diretamente em questões filosóficas sobre a relação da teoria com o mundo, tal como acessado por meio de experimentos.

Com o decorrer do trabalho nos concentraremos nas questões epistemológicas envolvendo os modelos como representações de fenômenos do mundo físico e na relação desses com as teorias. Por isso, reconhecemos a necessidade de apoiar nosso ponto de vista numa Filosofia da Ciência. Encontramos no filósofo normativo⁶ Mario Bunge (1974) discussões que tomam a relação entre modelos, os fenômenos e as teorias como um dos seus focos privilegiados de análise. Mario Bunge considera que o papel fundamental da Ciência é a construção de modelos e seu principal objetivo é produzir explicações para os fatos reais, o que justifica nossa escolha pela discussão sobre modelos e modelagem em sua perspectiva.

1.2 Formulação do problema

É possível reconhecer a onipresença dos modelos na história e na prática científica ao folhear algumas páginas de qualquer livro de ciência. Modelos materializados em representações coloridas e artes gráficas dividem espaço com textos dedicados à introdução, aplicação e interpretação dos mesmos. Podemos apontar alguns exemplos, tais como: o modelo cinético dos gases, modelo atômico de Bohr, modelo de cadeia de polímeros de Gauss, modelos de Lorentz para a atmosfera, o modelo de dupla hélice do

⁶ Alguns autores definem Mario Bunge como um filósofo normativo porque seu trabalho epistemológico destaca leis e princípios como caracterizadores da Ciência, do valor do conhecimento por ela produzido em oposição à mera descrição de atos.

DNA, modelo de Kekulé para forma hexagonal do Benzeno, os modelos baseados em agentes e evolutiva das ciências sociais, ou modelos de equilíbrio geral de mercados em seus respectivos domínios⁷. O que, de certa maneira, pode ser justificado pelas diferentes explicações para os fenômenos naturais que os cientistas produziram coletivamente e que conduziram ao desenvolvimento de diferentes e elaborados modelos científicos. Uma grande quantidade de tempo e dedicação para a construção, análise, comparação e revisão de modelos foi e continua sendo gasta pelos cientistas.

Tomando o modelo atômico como exemplo, é interessante acompanhar como a Ciência foi, pouco a pouco, desenvolvendo representações cada vez mais distantes dos objetos familiares. Do pudim de passas de Rutherford ao modelo planetário de Bohr até a gota líquida usada para entender o núcleo, foram décadas de pesquisas. É preciso notar que, no entanto, o uso e avanço dos modelos científicos não significam consenso a respeito de seu valor. Observe o diálogo que Heisenberg relatou ter com Pauli sobre a credibilidade dos modelos atômicos que estavam sendo desenvolvidos em 1920:

“- [Pergunta Pauli] Você acredita, sinceramente, que de fato existam dentro dos átomos coisas como órbitas e elétrons?

Minha resposta talvez tenha soado forçada.

- Para começar – disse-lhe –, podemos observar a trajetória de um elétron numa câmara de nuvem: ele deixa uma trilha clara de névoa por onde passa. Já que nesse caso existe trajetória do elétron, podemos presumir que ela também exista no átomo. Mas, tenho algumas reservas quanto a isso. É que, embora determinemos a trajetória em si através de métodos newtonianos clássicos, usamos as condições de quântica para explicar sua estabilidade, assim contrariando abertamente a mecânica newtoniana. Quanto aos elétrons saltarem de uma órbita para outra, como pretende a teoria, temos o cuidado de não especificar se eles dão saltos elevados, saltos longos ou outros tipos de saltos. Tudo isso me faz pensar que há algo de radicalmente errado com toda essa ideia de órbitas de elétrons. Mas qual é a alternativa?” (Heisenberg 1996 p. 48).

⁷ No entanto, infelizmente, nem sempre os modelos presentes nos livros são tratados com o devido cuidado epistemológico. Na maioria das vezes, aparecem como menção a simples representações que deixam ao leitor a tarefa de julgar sua pertinência, relevância, atualidade e outros atributos.

Ainda hoje, a pergunta de Pauli pode ser repetida e reformulada por curiosos e pesquisadores das mais diversas áreas. Apesar de dispormos de modelos mais robustos para as interações nucleares, até agora não foi possível construir uma teoria ampla do interior do átomo que evite essa contradição entre a ideia de órbita newtoniana e os condicionantes exigidos pelos princípios da Mecânica Quântica!

Filósofos e historiadores da Ciência com diferentes preocupações têm dedicado tempo considerável para a documentação e entendimento dos modelos científicos. De um lado temos realistas – muitos deles fundamentados a partir das publicações de Hesse (1966) – que defendem que os modelos permitem acesso a realidade como ela é, e confirmam as teorias sustentadas por esses modelos. Eles argumentam que modelos refletem de alguma forma a realidade e que são bons meios para a cognição humana manejar a realidade (Black 1972); (Wartofsky 1979). Do outro lado, temos tantos outros que, fundamentados nas publicações de Rom Harré (1959), são, assim como Hume, cépticos em relação à realidade das entidades provenientes de experiências sensoriais e defendem que a mente não é capaz de compreender totalmente as coisas como são. Para estes, os modelos e as teorias são válidos, mas não descrevem, nem revelam, a realidade, minimamente contribuem para o conhecimento e entendimento da natureza (Matthews 2007).

Trata-se basicamente de um debate sobre o papel e o valor dos modelos, polarizado em posições filosóficas opostas: os realistas e os não realistas. Ainda que haja uma série de posicionamentos intermediários, a discussão é centrada na existência ou não de certas classes de objetos (os objetos matemáticos, os universais, os objetos materiais ordinários, as entidades não observáveis postuladas pela Ciência etc.), independentemente de qualquer cognição.

No que diz respeito ao ensino de ciências, o papel dos modelos na representação de ideias e de conhecimento é certamente um ponto relevante na prática de ensino-aprendizagem. Neste contexto, as diferenças entre os fundamentos filosóficos são fundamentais para influenciar as concepções dos educadores sobre como o conhecimento é adquirido e justificado em Física. Entender os aspectos filosóficos da Física não necessariamente afeta o modo como os professores usam modelos e modelização no ensino escolar, mas certamente afeta a maneira como apresentam as

soluções práticas e as relações com a Física enquanto Ciência (Van Driel and Verloop 1999; Justi and Gilbert 2002; Crawford and Cullin 2004).

O processo de construção de modelos sob a perspectiva de Mario Bunge é por nós entendido como uma atividade cognitiva fundamental, tanto para o cientista como para o indivíduo leigo. E uma característica importante dos modelos é que eles permitem a produção de explicações. Neste sentido, defenderemos que uma descrição satisfatória dos procedimentos empregados pelas pessoas, na busca de uma explicação em Ciência se dá a partir de um modelo. Os modelos científicos constituem-se em representações eficazes do mundo físico. Com o intuito de explicar fenômenos do mundo físico e tornar mais acuradas as representações pessoais dos alunos, professores constroem narrativas em torno dos modelos científicos. Neste sentido, uma definição adequada de modelo se adapta à necessidade de explicar e permite uma descrição satisfatória dos procedimentos empregados por pessoas em busca de uma explicação para uma situação ou sistema físico. Sendo assim, modelos adaptados ao contexto pedagógico devem englobar os aspectos que fazem dos modelos importantes na Ciência, ou seja, sua capacidade de fornecer explicação.

Pelo acima exposto, explicar é parte fundamental do trabalho de um professor. Para muitos, a arte de explicar se constitui em oferecer momentos ‘mágicos’ aos alunos. Como quando as indagações produzidas pelos alunos recebem retorno do professor e geram um estado de plenitude, como se a luz brilhasse em suas mentes e a confusão desse lugar ao entendimento. Acreditamos que aumentar o entendimento sobre o mundo é função básica dos professores de ciências que produzem explicações essencialmente ligadas aos modelos. Assim como propuseram Osborne e Wittrock (1983, apud Yore and Treagust 2006) quase três décadas atrás, pessoas produzem conhecimento por meio de modelos:

“Para compreender o que somos ensinados verbalmente, ou o que lemos, ou o que nós encontramos ao assistir uma demonstração ou fazer uma experiência, temos de inventar um modelo ou uma explicação para isso, que organiza as informações selecionadas a partir da experiência de uma maneira que faz sentido para nós, que se

encaixa na nossa lógica ou experiências do mundo real, ou ambos”. (p. 294).

A conexão entre modelos e explicações é central na compreensão da atividade científica. Giere (1988) deixa isto claro ao afirmar:

“Explicar é uma atividade humana praticada muito antes do surgimento da ciência moderna [...] pessoas empregam vários tipos de esquemas [modelos mentais] dando explicações e as compreendendo [...] tudo que é distintivo sobre a explicação ‘científica’[...] é que ela emprega modelos desenvolvidos pela ciência [...] O que a ciência fornece para as ‘explicações científicas’ é um conjunto bem - autenticado de modelos. Como as pessoas empregam esses modelos no processo de construção ou compreensão de explicações depende de um contexto extra-científico”. (tradução de Custódio 2007, p.54).

Encontramos um grande número de pesquisas educacionais focadas nos vários aspectos da utilização de modelos no ensino-aprendizagem e em compreender o que seria uma boa explicação e quais os critérios de qualidade associados a ela⁸. Estas pesquisas, em sua maioria, valem-se de argumentos epistemológicos dos modelos nas explicações. Por isso, optamos por desenvolver um trabalho que toma como base a proposição de Bunge (1974) de que o principal objetivo da Ciência é produzir explicações para os fatos reais. Além disso, aceitamos que uma explicação se configura como a busca daquilo que se percebe (direta ou indiretamente) naquilo que se supõe existir (Cupani and Pietrocola 2002).

Nesta direção, é importante diferenciar a relação dos modelos e das teorias com o entendimento e a explicação científicos. De maneira geral, o conhecimento nas Ciências se produz a partir/e se refere ao mundo. As teorias são produções gerais que sustentam nossa visão de mundo, já os modelos são aplicações teóricas destinadas a fatos e situações específicas do mundo. Os modelos são capazes de gerar relações causais entre aquilo que percebemos do mundo e as estruturas conceituais e as entidades ontológicas que acreditamos estar na origem de tais percepções (Pietrocola 1999). Neste sentido, os modelos permitem explicar e geram entendimento pelo fato de estabelecerem

⁸ Exploraremos mais estes aspectos no Capítulo 2.

relações causais entre o mundo tal como percebemos e com a instância conceitual que acreditamos subjazê-las.

O conhecimento se edifica sobre o próprio conhecimento, ou seja, apelando às teorias existentes constroem-se novas teorias. O essencial no trabalho científico é a formulação de hipóteses precisas que permitam a compreensão dos fatos.

Neste sentido, podemos traduzir a atividade científica nos modos de produzir, utilizar e validar modelos. Em alguns casos, teorias são forjadas a partir da descrição e exploração de um modelo.

Reconhecemos que existem diversas conotações do termo modelo na Ciência, no entanto notamos que parece haver um consenso sobre o fato de que modelos são uma dimensão entre o empírico e o racional. Gilbert et al. (2000) oferecem uma visão geral de como se estabelece a relação entre teoria e modelo:

“Um modelo é uma leitura de entidades perceptíveis por intermédio das quais as abstrações da teoria talvez sejam conduzidas para suportar alguns aspectos do mundo... em uma tentativa de compreendê-lo”. (p. 33).

Para Bunge o processo de construção de modelos deve ser entendido como uma atividade cognitiva fundamental do cientista. Reforçamos que a opção pela filosofia de Mario Bunge está vinculada ao papel que ele atribui aos modelos e por considerar que o papel fundamental da ciência é a construção de modelos. Neste íterim, consideramos importante questionar: **qual a relação entre a construção de modelos na Ciência e o Ensino de Ciências?**

1.3 Perguntas e objetos de investigação

Este projeto compartilha as mesmas ideias que alicerçam a grande variedade de abordagens e visões que aparecem na literatura sob o rótulo “construtivista”. Ou seja, que a aprendizagem se dá por meio do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento. E, além disso, que as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que essa só é possível a partir do

que o aluno já conhece (Mortimer 2000). Acreditamos na construção de modelos científicos no ambiente escolar como produtos concebidos num processo educativo de longa duração com objetivo de produzir conhecimento. As representações e as transformações das concepções dos aprendizes a partir de seus modelos precursores podem ser úteis ao processo de aprendizagem. Este processo é sempre contextualizado no coletivo da classe e toma por base, muitas vezes, uma perspectiva sócio-construtivista (Driver and Scott 1996), que leva em conta tanto os aspectos sociais quanto os individuais de aprendizagem. Nesse sentido, o contexto social é considerado um fator que interfere diretamente no processo individual do conhecimento. Nesta perspectiva, sentimos que as ideias da Ciência e as suas relações desempenham um papel importante no processo de aprendizagem (Ibarra 2009).

No início da pesquisa foi preciso, a partir de nossa leitura dos referenciais teóricos, em especial sobre a relação entre os modelos e as explicações, traçar as diretrizes necessárias para a efetividade do processo de construção de modelos e de explicações que considerem entidades físicas. Isto nos conduziu para a intenção de identificar e analisar a relação entre a construção de modelos segundo a epistemologia de Mario Bunge e a construção de modelos no Ensino de Ciências para um desenho de pesquisa com o seguinte objetivo geral:

A partir da dimensão ontológica dos modelos, identificar e analisar o papel das entidades científicas para a compreensão da estrutura das explicações produzidas pelos alunos.

Cabe aqui perguntar porque essa possível relação entre a construção de modelos na Ciência e as explicações em seu ensino são importantes. Gilbert (1999) arrisca algumas justificativas para responder a esta pergunta. Dentre elas, a impossibilidade de acesso direto aos processos de aprendizagem e mudança conceitual dos alunos, que talvez possam ser 'iluminados' pela possibilidade desse processo ser historicamente semelhante ao comportamento de aprendizagem atual. Coloca também que parte do desinteresse dos estudantes pela Ciência está vinculado a sua visão errônea de que o conhecimento científico é imutável. Sendo assim, demonstrar a eles uma visão mais autêntica do conhecimento científico enquanto atividade humana, realizada em um contexto cultural, talvez resulte em encorajamento para o estudo da Ciência.

Consideramos particularmente interessantes para esta pesquisa as seguintes possibilidades no uso de modelos apontadas por Gilbert (idem):

“- A necessidade de desenvolver uma psicologia da aprendizagem que pode apoiar a "aprendizagem ao longo da vida" na ciência. Isto tem que começar a partir do pressuposto de habilidades de "pensar todos os dias". O primeiro passo para esse desenvolvimento deve ser uma elucidação da natureza do pensamento cotidiano;

- A explicação dos processos cognitivos dos grandes cientistas poderia servir como um modelo a ser seguido em sala de aula. No mínimo, fornecer algumas simulações de aprendizagem "cognitiva"⁹.

- A demonstração de uma relação entre a ciência e a cognição serviria para chamar historiadores e filósofos da ciência, psicólogos, sociólogos e pedagogos, a um esforço comum. Este funcionará como um antídoto à aparentemente balcanização¹⁰ progressiva da pesquisa e das bolsas de estudo para as ciências sociais". (p. 543-544).

Para apoiar a busca por uma aprendizagem significativa da Ciência, que acreditamos passar pela construção de modelos, seguem abaixo os objetivos específicos da pesquisa:

1) Identificar quais aspectos da construção de modelos na Ciência podem/devem ser transpostos para o contexto escolar; 2) desenvolver estratégias de ensino que permitam 2.1) compreender como os alunos usam os modelos da Ciência para a produção de explicações; e, 2.2) compreender como as entidades presentes no mundo cotidiano e no mundo da Ciência participam da construção de explicações produzidas pelos alunos.

1.4 Decisões metodológicas e desenho geral da investigação

⁹ A palavra “Cognitiva” é aqui apresentada entre aspas porque considera-se pretensiosa a crença de que se pode induzir a simulação em um nível cognitivo. Este nível é próprio da mente.

¹⁰ Fracionamento de uma unidade em unidades menores ou menos hostis entre si, mas que neste caso geram o risco da perda do sentido educacional que só o todo pode oferecer.

Tendo como foco a atividade de modelização em sala de aula e seguindo a orientação teórica de nosso trabalho, a perspectiva de Bunge é tomada como a principal referencia. Nesse sentido as categorias de análise desenvolvidas irão de alguma maneira dialogar com os três elementos por ele propostos como constituintes do processo de modelagem (que aprofundaremos no capítulo seguinte): **objeto-modelo**, **modelo teórico** e **teoria geral**. Em outros termos, as atividades de ensino-aprendizagem que utilizaremos como instrumento de pesquisa incorporam um processo de modelização no qual são claramente distinguíveis esses três elementos definidos por Bunge.

Suporemos, ainda, que existe uma relação estreita entre a dimensão ontológica dos modelos (as entidades inobserváveis que eles incorporam) e as entidades presentes nas explicações. Isto parece razoável, pois, segundo Ogborn et al. (1996), as explicações produzidas pela Ciência pertencem a um cenário pré-definido, no qual cada um de seus atores ou entidades (palavras, termos, conceitos, ideias e explicações que atribuem significados) desempenham papéis que atendem as expectativas e exigências delimitadas pelo cenário ou contexto¹¹. A partir de análises de contribuições teóricas nas áreas de Educação em Ciências, Linguística, Ciência Cognitiva, e de investigações empíricas envolvendo observação de aulas de ciências, Jon Ogborn et al. (1996) desenvolveram um referencial de análise de episódios explicativos em aulas de ciências, onde destaca-se o uso de entidades científicas pelos alunos. Vale um complemento: nesta perspectiva, as entidades, que se supõe existirem e que povoam o mundo da Ciência, se aproximam do que Bunge define como **objetos-modelos**. Isso vai nos habilitar a incorporar parte da estratégia de análise desenvolvida por Jon Ogborn et al. (1996), que envolve:

“(i) a criação de diferenças que motivam explicações, (ii) a construção das entidades da ciência no discurso, (iii) a recontextualização de conhecimento e (iv) a atribuição de significação ao que é material, através de demonstrações”. (p. 9, 134 e 137).

Neste ínterim, acreditamos que a adoção deste referencial como ferramenta de análise de narrativas pode nos indicar a vinculação entre: (i) o processo de construção e

¹¹ Vamos apresentar a pesquisa desenvolvida por Jon Ogborn detalhadamente no Capítulo 03 desta dissertação, no entanto consideramos importante esta breve definição para melhor compreensão das perguntas e do objeto de investigação.

incorporação de modelos, (ii) a produção de explicações e (iii) a construção e transformação dos significados de entidades físicas por estudantes do Ensino Médio.

Para atingir esses objetivos foram necessárias diferentes estratégias. Destacamos a utilização de análises dos dados via uma abordagem qualitativa. Nessa abordagem, o ambiente a ser pesquisado é a fonte da coleta de dados, o pesquisador é seu principal instrumento e o foco principal de interesse constitui-se no processo como um todo (Lüdke and André 1986). Resumidamente, as estratégias metodológicas concentraram-se nos seguintes pontos:

a) Desenvolver e implementar três atividades de ensino-aprendizagem sobre duas entidades físicas (carga e campo) que em seu contexto identificamos como objetos-modelo pertencentes a modelos teóricos bem simples, do tipo **caixa preta**. Segundo Bunge (1974), este tipo de modelo teórico relaciona *eventos*, sem se preocupar com eventuais ‘mecanismos’ de relação entre eles. Ele é dotado apenas de entrada e saída e, apesar de considerado demasiado simples, sua modelização permite relacionar, descrever e determinar as causas dos fenômenos empíricos sem explicar sua natureza. No entanto, determinar os mecanismos dos modelos e sua vinculação com a realidade é um processo complicado. Partes desses mecanismos não permitem fácil acesso experimental, estão “escondidos”. Devem ser imaginados por meio de hipóteses sobre seu funcionamento. As razões que nos levaram a escolher carga e campo como os dois elementos básicos para os temas ou conceitos da Física escolhidos serão apresentadas no terceiro capítulo desta dissertação, quando as escolhas metodológicas serão esmiuçadas.

b) A fase de análise das atividades de ensino-aprendizagem foi desenvolvida por meio de uma metodologia qualitativa que tem como elemento empírico principal as produções dos alunos, ou seja, o produto da aula que se constitui na proposta das atividades traduzidas em ação, e da análise de explicações e narrativas dos alunos.

A coleta de dados foi realizada em conjunto, por três professores da rede pública e um professor da rede privada que se disponibilizaram a incluir as atividades por nós desenvolvidas em seu planejamento do 3º ano do Ensino Médio. Utilizamos as seguintes fontes de dados: materiais escritos pelos alunos, individualmente ou em grupos, e conversas com os professores ao final da aplicação das atividades de ensino-

aprendizagem. Isto permitiu obter várias fontes de dados que tornaram possível uma triangulação.

1.5 Organização da dissertação

Desse modo, esse preâmbulo, no primeiro capítulo, configura-se como um panorama geral da investigação e apresenta o conjunto de questões que norteiam esta dissertação. No segundo capítulo, como uma primeira aproximação, apresentamos o marco teórico de nosso processo de investigação. Discutimos os conceitos de modelo e explicação tanto na Ciência quanto em seu ensino, por meio de considerações sobre o trabalho teórico de alguns autores - em especial Mario Bunge, Jon Ogborn e Isabel Martins. No terceiro capítulo partimos para a validação metodológica deste estudo. Nesta etapa, encerramos nossas considerações teóricas para apresentarmos, no quarto capítulo, o contexto da proposta, os dados obtidos e a análise do material escrito pelos alunos. Finalmente, apresentamos nossas considerações finais.

CAPÍTULO II: Marco teórico

“O Universo não é uma ideia minha.
A minha ideia do Universo é que é uma ideia minha.
A noite não anoitece pelos meus olhos.
A minha ideia da noite é que anoitece por meus olhos.
Fora de eu pensar e de haver quaisquer pensamentos
A noite anoitece concretamente
E o fulgor das estrelas existe como se tivesse peso.”
(Alberto Caeiro - 1-10-1917)

Neste capítulo os diferentes aspectos teóricos que sustentam a investigação são apresentados. Primeiro apresentamos os aspectos teóricos dos modelos na Ciência considerando seus fundamentos e características, seu conceito e sua função, assim como as fontes de orientações teóricas que os legitimam. Da mesma forma, expomos as perspectivas de análise dos modelos científicos de Mario Bunge. Em seguida, discutimos as explicações sob a ótica da “ontologia das entidades envolvidas nos fenômenos a serem explicados” e apresentamos as contribuições do trabalho desenvolvido por Ogborn e Martins para a discussão sobre a natureza dos modelos e das explicações em sala de aula. Por fim, expomos as perspectivas teóricas que alicerçam a análise do conteúdo.

2.1 Modelos e explicações na Ciência

2.1.1 O que são modelos?

A natureza polissêmica da palavra ‘modelo’, dada pela sua introdução em diferentes contextos e, sobretudo, à multiplicidade de seu uso, acaba sendo um agravante a esse momento inicial de delineamento da pesquisa. Modelos podem ser identificados como ideias, objetos, eventos, sistemas ou processos (Justi and Gilbert 2000; Gilbert 2004). A frequência do emprego da palavra, longe de esclarecer o significado, pode contribuir para obscurecê-lo, confundi-lo, e o que é mais preocupante, banalizá-lo. Por isso, reforça-se a necessidade de uma adequada distinção entre as possíveis definições. Para iniciarmos a busca por uma definição adequada aos objetivos desta pesquisa, consideremos o que escreveu Vera (1989):

“Um modelo não científico é uma miniatura – mais ou menos escalarmente relacionada – de um objeto real ou imaginário. Exemplos deste tipo de modelos são as representações tridimensionais de barcos em agências de viagem, das bonecas de uma menina; avião que constrói um menino com seu ‘Mécano’. O uso vulgar do termo encerra mais duas significações: o modelo como arquétipo digno de ser imitado e o modelo como cópia da realidade. Um exemplo do primeiro pode ser o vestido da moda e do segundo, o quadro de um pintor”. (p. 151).

Tudo o que pode ou deve ser imitado, ou um exemplo, por mais complexo que se apresente, também não pode ser considerado modelo científico. Modelo e exemplo são sinônimos apenas para a linguagem comum. Não é único o conceito de modelo, mas a linguagem e o conhecimento ‘consensual’ são necessários para construir modelos em um campo especializado.

Embora haja grande variedade no que se refere ao que se entende por “modelos”, existe o consenso de que as pessoas em geral produzem e incorporam modelos próprios para lidar com as situações cotidianas. Reconhecer a onipresença e a importância dos modelos para o raciocínio humano torna mais importante a necessidade de se combinar a epistemologia¹² da Ciência com as teorias de ensino-aprendizagem, ainda mais para a aprendizagem de ciências (Matthews 2007).

Uma característica marcante do fazer científico contemporâneo é o uso recorrente de modelos, o que certamente torna a pergunta desta seção da dissertação - “O que são modelos?” - ainda mais interessante e, conforme indicaremos mais adiante, há importantes implicações semânticas e epistemológicas.

A produção de modelos na Ciência envolve a remoção de características do mundo tal como se experimentou. Esse processo de simplificação possibilita que um inquérito de decisão seja efetuado e que a

“atenção se concentre no comportamento do fenômeno, nas entidades postuladas como formando sua estrutura, nas relações espaciais e temporais entre eles [fenômenos, entidades], nas causas dessas

¹² Segundo Bunge (1980), a Epistemologia é conceituada como o estudo metódico e reflexivo da Ciência, de sua organização, de sua formação, do seu funcionamento e produtos intelectuais.

relações, e possíveis alterações de comportamento, que resultam em alterações das entidades” (Gilbert, Boulter et al. 1998, p. 92).

Assim, para estes autores, essas decisões só são possíveis porque os modelos são representações simplificadas capazes de manipulação mental que desempenham papéis-chave na explicação da Ciência.

Reflexões filosóficas sobre os modelos e a modelagem na Ciência têm registrado uma forte recuperação nos últimos tempos. Elas apontam os modelos como responsáveis por intermediar a relação entre as teorias científicas e o mundo como experimentado, o que também depende do significado de “teoria”, “modelo” e de “mundo como experimentado”. Ou seja, modelos e modelagem precisam de uma terminologia bem definida. No entanto, reforçamos e nos valem aqui das palavras de Giere (1999):

“não há, na natureza dos modelos, uma essência única que possa ser revelada pela análise filosófica. Não obstante, penso que minha interpretação é melhor do que algumas outras, e tentarei convencê-los de que é esse o caso”. (p. 1).

Uma das funções dos modelos científicos é representar o mundo e nossas interações com ele. Cabe, então, um parêntese para a pergunta “Como modelos representam?” e algumas considerações. A “resposta” que nos parece mais adequada é apresentada por Frigg e Hartmann (2009). Para eles colocam que o significado de representar deve considerar os fins específicos das representações empregadas pelos cientistas e não reduzir representação à verdade, semelhança, identidade.

Modelos podem, fundamentalmente, realizar dois tipos de representação. Frigg e Hartmann (2009) resumem esses tipos da seguinte maneira:

“Por um lado, um modelo pode ser uma representação de uma parte selecionada do mundo (o “sistema de destino”). Dependendo da natureza do alvo, tais modelos são ou modelos de fenômenos ou modelos de dados. Por outro lado, um modelo pode representar uma teoria no sentido em que ele interpreta as leis e axiomas dessa teoria. Estes dois conceitos não são mutuamente exclusivos como os modelos

científicos podem ser representações em ambos os sentidos, ao mesmo tempo”. (p. 2).

Como resultado, temos uma incrível proliferação de tipos de modelos na literatura filosófica. Frigg e Hartmann (2009) listam alguns destes tipos:

“Modelos de sondagem, modelos fenomenológicos, os modelos computacionais, os modelos de desenvolvimento, modelos explicativos, modelos empobrecidos, teste de modelos, modelos idealizados, os modelos teóricos, modelos em escala (maquetes), modelos heurísticos, modelos caricaturais, modelos didáticos, os modelos de fantasia, modelos de brinquedos, modelos imaginários, modelos matemáticos, os modelos substitutos, modelos icônicos, modelos formais, modelos analógicos e modelos instrumentais são apenas alguns dos conceitos que são usados para categorizar os modelos”. (p. 1).

Para mantermos essa assustadora lista sob controle, precisamos reconhecer que essa tipologia se refere a diferentes problemas que surgem em conexão com os modelos. Por exemplo:

“os modelos que levantam questões semânticas (qual a função de representação que os modelos executam?), ontologia (que tipo de coisas são os modelos?), epistemologia (como nós aprendemos com os modelos?), e, naturalmente, na filosofia da ciências (como os modelos se relacionam com a teoria?; quais são as implicações de uma abordagem baseada em modelos da ciência para os debates sobre o realismo científico, reducionismo, explicação e as leis da natureza?).” (Frigg and Hartmann 2009, p. 1).

O ponto de vista que consideramos mais importante parte da afirmação de que uma compreensão dos modelos é central para o entendimento da Ciência e surgiu na década de 70 com o fim oficial do “Received View” das teorias científicas, que ocorreu em março de 1969, na conferência da Universidade de Illinois, em Champaign-Urbana (Grandy 2003), com duzentas pessoas em sua audiência.

O “Received View” sustentava o paradigma da boa Ciência, da Ciência exemplar. Carl Hempel, principal desenvolvedor desta visão filosófica da Ciência - geralmente associada aos empiristas lógicos que concebem uma teoria como um conjunto de proposições axiomáticas - foi o primeiro orador dessa conferência. Enquanto os duzentos ali presentes esperavam por uma revisão, o que ouviram foram justificativas para seu abandono (Suppe 2000). De acordo com esta visão “uma teoria é a classe de modelos de um conjunto de sentenças axiomatizadas, em uma linguagem simbólica formalizada de lógica de primeira ordem” (Grandy 2003).

Suppe¹³ (2000) descreve a “Received View on Theories” como o coração epistêmico do Positivismo Lógico” e apresenta as mais significantes objeções a essa posição filosófica, como sendo:

“Em minha opinião, as acusações mais significativas, em ordem, são (6) as teorias não são entidades linguísticas e, portanto, as teorias são individualizadas incorretamente e (2) regras de correspondência eram uma confusão heterogênea de relações de sentido, design experimental, medição e relações causais, alguns dos quais não são corretamente partes de teorias. (1) Sua distinção observacional-teórica era insustentável e exige qualificação desde que todas as versões do desafio não sejam bem-sucedidas. (3) A noção de interpretação parcial associada a regras mais liberais de correspondência foi incoerente, é falsa. (4) As teorias não são sistemas axiomáticos, parece-me irrelevante.” (p. S103).

Com o final da conferência os protagonistas de sucessivos ataques ao “Received View” começaram a procurar novos caminhos para ir. O Model Based View (MBV) surgiu como uma reposta, uma tendência filosófica específica para análise das teorias científicas, que alicerça essa análise no conceito de modelo teórico. Seus pesquisadores acreditam que uma re-interpretação das teorias científicas como um conjunto de modelos mostra-se bem sucedida na compreensão de sua teorização (Suppe 1977) e pode “dar uma imagem mais satisfatória da relação entre teorias científicas e o mundo real através do papel de mediador dos modelos” (Giare 1999). Os trabalhos pioneiros de Suppe, Beth

¹³ Os artigos publicados por Patrick Suppes estão disponíveis online no site da Universidade de Stanford: <http://suppes-corpus.stanford.edu/>

e Fraassen van (Suppe 1977; Suppe 2000), as análises estruturais de Sneed, Iler Stegmu, Moulines, e outros (Giere 1999), e a abordagem cognitiva do Giere (1988; 1999) são consideradas algumas das expressões-chave dessa visão (Develaki 2007). A melhor declaração dos filósofos para o MBV provavelmente é de Suppe (2000):

“Teorias científicas são coleções causalmente possíveis de dados de modelos de estado de transição, nos quais existe um teorema de representação”. (p. S111).

Outras várias tendências estão ligadas a esta, como ‘non-statement view’, ‘semantic view’, ‘predicate view’ e ‘model-theoretic view’, que compartilham a importância atribuída ao conceito de modelo, entendido como um elemento estrutural básico das teorias como mediador entre a teoria e a realidade. O termo “semântica” refere-se ao fato de que o modelo proporciona uma percepção na qual a teoria é satisfeita e a noção de modelos é definida em termos de verdade. O que certamente nos levanta questões sobre a realidade e a verdade dos modelos (e teorias), por isso consideramos que uma postura filosófica realista não somente favorece as discussões no ensino de ciências como também garante uma imagem autêntica da Ciência. No entanto, consideramos importante a colocação de Koponen (2007):

“No que diz respeito ao realismo ontológico como uma convicção da existência da realidade independente da mente, autônomo, com suas entidades e fenômenos em questão, não há controvérsia sobre o assunto. No entanto, o realismo como uma posição filosófica é mais que um bom senso de realismo ontológico.” (p. 759).

Giere (2004) sugere que o foco na linguagem como objeto carrega em si o pressuposto de que o foco deve estar na representação, que segundo ele é entendida como uma relação entre a entidades linguísticas e o mundo. No que diz respeito à prática científica que começa com a atividade de representação, esta relação remete a vários lugares, como aos próprios cientistas, que são agentes intencionais com objetivos e propósitos. Sendo assim, Giere coloca:

*“Estamos olhando para uma relação com o seguinte formulário:
S usa o X para representar W para fins de P.*

Aqui S pode ser um cientista, um grupo científico ou uma maior comunidade científica. W é um aspecto do mundo real. Então, mais informal, a relação a ser investigada tem a forma:

Cientistas usam X para representar alguns aspectos do mundo com propósitos específicos.” (p. 743).

O que nos leva a questionar os valores da variável X. Segundo Giere foca-se no meio tradicional da representação científica (a teoria científica) e podem ser palavras, equações, diagramas, gráficos, fotografias e até mesmo imagens geradas por computador.

Roman Frigg (2009) apresenta um exemplo da Mecânica Clássica sobre a determinação da órbita de um planeta ao redor do Sol para ilustrar as questões que permeiam os modelos e a modelagem em Física e que consideramos pertinente. Para resolver esse problema fisicamente, fazemos algumas suposições:

- A força de gravidade é a única força relevante que atua entre esses corpos e podemos negligenciar todas as outras forças, mesmo as gravitacionais com os outros planetas do sistema solar;
- Tanto o Sol quanto o planeta são esferas perfeitas, com sua massa distribuída uniformemente, para tratarmos a interação gravitacional com a massa de cada corpo concentrada em seu centro;
- A massa do Sol é muito maior do que a massa do planeta, e assim podemos assumir que o Sol está em repouso e o planeta orbita ao seu redor.

Ao assumirmos essas suposições, podemos voltar a Mecânica Clássica. Temos que a intensidade da força gravitacional entre dois corpos depende do valor de suas massas e da distância entre eles. Ou seja:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

onde **M** é a massa do Sol, **m** é a massa do planeta, **r** é a distância entre eles e **G** é uma constante universal, e vale $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.

Podemos também usar a equação do movimento de Newton

$$F = m \cdot a$$

onde **a** é a aceleração do planeta, **m** é sua massa e **F** a força atuando sobre ele. Então colocamos o Sol na origem do sistema de coordenadas e obtemos a equação diferencial que descreve a trajetória do planeta

$$\ddot{\vec{x}} = -G \cdot \frac{M \cdot \vec{x}}{|\vec{x}|^3}$$

onde a aceleração **a** é a segunda derivada da posição **x**, que é igual a $\ddot{\vec{x}}$. O que nos permite resolver e encontrar que o planeta descreve um órbita elíptica ao redor do Sol.

Após apresentar esse exemplo, com objetivo de orientar uma discussão sobre os modelos e a modelagem em Física, Frigg coloca algumas questões que consideramos relevantes e que contribuiriam para as discussões que encaminharemos na próxima seção desta dissertação:

“Em primeiro lugar, quais dentre as muitas coisas que ocorrem nesta conta da determinação da órbita do planeta fazem parte do "modelo"? Ou seja, quando solicitados a identificar o modelo do sistema Sol-planeta, nós apontamos para um sistema imaginário que consiste em duas esferas ideais homogêneas interagindo gravitacionalmente, para uma descrição particular do sistema, para a equação que descreve a órbita do planeta, ou para outra coisa? Em segundo lugar, a teoria desempenha um papel crucial porque é a mecânica clássica que, eventualmente, nos permite determinar a órbita do planeta. Mas qual exatamente é o papel que desempenha na modelagem e como os modelos se relacionam com a teoria?” (p. 2).

Nessa direção, o trabalho de Bunge é muito útil por tratar da relação entre modelos e teoria com algum detalhe e por parecer aplicável à investigação científica em qualquer fase do processo de representação e da situação de “ciência normal” e de “ciência revolucionária” (Pietrocola 1999; Gilbert, Pietrocola et al. 2000; Cupani and Pietrocola 2002).

2.1.2 Modelos segundo Mario Bunge

Mario Bunge é um cientista e filósofo da Ciência. Suas obras refletem os problemas encontrados pelos cientistas em campo, ao descreverem e analisarem a pesquisa científica, além de identificarem e criticarem pressupostos filosóficos. Ele foi o primeiro filósofo sul-americano da Ciência com formação científica (Pickel 2001; Matthews 2003). Responsável por ajudar a restaurar a relação entre Filosofia e Ciência, Bunge (1973) aponta que um divórcio entre esses domínios é impossível e que o fazer científico forçosamente se coloca frente à Filosofia. A leitura filosófica só tem a contribuir para este fazer, “para desenvolver asas, não para cortá-las”.

“A leitura de filósofos imaginativos pode sugerir-lhe novas ideias; o estudo da lógica elevará seus padrões de rigor e clareza; o hábito das análises semânticas ajuda-lo-á a descobrir os genuínos referentes de suas teorias, e o amor à nitidez lógica e à clareza semântica hão de levá-lo a preferir o formato axiomático”. (Bunge 1973, p. 28).

Neste contexto, o conceito de modelo é para Bunge a pedra fundamental para o entendimento do trabalho científico moderno. Ele situa ‘moderno’ a partir da revolução científica que ocorreu por volta de 1950, após o nascimento da teoria atômica contemporânea. Assim o faz, devido a aproximação física e a colaboração entre muitos cientistas naturais que, com o final da segunda guerra, culminou numa “avalanche de novas abordagens, novas teorias e novas disciplinas oriundas destes contatos”, “uma metodologia nova, uma nova maneira de trabalhar” (Bunge 1974; Giere 1989).

Ao expor as características dessa metodologia científica, Bunge destaca a construção dos **objetos-modelo** e dos **modelos teóricos** - esboços hipotéticos de coisas e fatos supostamente reais - e coloca que, apesar das diferenças entre os objetos¹⁴ adotados pelas Ciências (Biológicas, Químicas, Físicas, Matemáticas, Sociais etc.), o fazer científico é, em suma, o mesmo desde os tempos de Galileo Galilei:

“(...) formulando questões claras, imaginando modelos conceituais das coisas, às vezes teorias gerais e tentando justificar o que se pensa e o

¹⁴ Bunge expõe a natureza destes objetos, que entende como constructos. Deixa claro que não são objetos mentais ou psíquicos, tal como uma percepção, uma invenção, uma lembrança. Porque estes objetos existem no sentido material, encontram-se em algum estado e são capazes de mudança.

que se faz, seja através da lógica, seja através de outras teorias, seja através de experiências, aclaradas por teorias”. (Bunge 1974, p. 13).

Ao examinar a natureza deste fazer científico a partir da Filosofia, Bunge dissipa a confusão entre modelos e representações visuais e entre modelo no sentido físico e modelo no sentido teórico, por esclarecer que não se trata de uma discussão semântica de interpretação e busca de significado. Os modelos científicos são um “conjunto de enunciados que proporcionam um delineamento do referente”, ou seja, de uma teoria. Assim, o modelo tem de ser plasmado na linguagem da teoria, “quanto mais preciso [é o modelo,] mais específica é a teoria” (Bunge 1973).

Desta forma, a medida que se procura por relações entre as teorias e dados empíricos, os modelos são abordados como intermediários entre essas instâncias do fazer científico. Os dados empíricos, apesar de próximos da realidade, não podem, em si, gerar conhecimento. Já a teoria esboça um modelo idealizado de um pedaço da realidade e tem uma função explanatória. Assim, o modelo constitui-se como instância mediadora entre o teórico e o empírico (Bunge 1973; Pietrocola 1999).

“A formação de cada modelo começa por simplificações, mas a sucessão histórica dos modelos é um progresso de complexidade” (Bunge 1974). O processo de refino dos modelos pressupõe a existência de uma realidade com a qual os objetos se relacionam (Matthews 2003; Matthews 2007). Interessante notar que a medida que se atribui a estes objetos propriedades suscetíveis de serem tratadas por teorias, ou seja, a medida que o objeto é inserido em uma teoria, o modelo negligencia e afasta as características que permitem identificar este objeto individualmente (Bunge 1974).

“A conquista conceitual da realidade começa, o que parece paradoxal, por idealizações. Extraem-se os traços comuns de indivíduos ostensivamente diferentes, agrupando-os em espécies (classes de equivalência). Fala-se assim do cobre e do Homo Sapiens. É o nascimento do objeto-modelo ou modelo conceitual de uma coisa ou de um fato”. (Bunge 1974, p. 13).

Por exemplo, Michael Faraday começou seu trabalho - que culminou na elaboração teórica, fundamentada na teoria de campo, do conceito de linhas de força - a

partir da imagem do modo como as limalhas de ferro se distribuem ao redor de objetos imantados. Seu exercício acadêmico tinha como intenção apreender o real, explicar a realidade por meio de representações esquemáticas de objetos físicos. A análise cada vez mais rigorosa feita por Faraday em busca de entender a interação entre os corpos atingiu uma melhor definição da realidade. No entanto, quanto mais ele negligenciava as linhas de força e suas complexidades reais, mais se abria caminho para abordar problemas mais complicados. (**Tabela 01**).

Em resumo, para apreender o comportamento das limalhas de ferro ao redor do imã, Faraday afastou-se da imagem inicial. Então, adicionaram-se elementos imaginários, como o campo que permite explicar a interação entre corpos à distância, mas com uma intenção realista. Constitui-se, assim, um objeto-modelo (campo) mais ou menos esquemático e que, para frutificar, deve ser enxergado à luz da teoria eletromagnética, suscetível de ser confrontada. Isto foi necessário porque

“converter coisas concretas em imagens conceituais (objetos-modelo) cada vez mais ricas e expandi-las em modelos teóricos progressivamente complexos e cada vez mais fiéis aos fatos é o único método efetivo para apreender a realidade pelo pensamento”. (Bunge 1974, p. 30).

A partir destes pressupostos idealizados que constituem os objetos-modelo, modelos teóricos são produzidos de acordo com o esquema resumido de Develaki (2007):

Teoria geral + Objeto-modelo --> Modelo Teórico

Onde o **modelo teórico** é resultado de uma reflexão sobre uma parcela da realidade e da tentativa de entender e ou agir sobre ela, tendo como principal objetivo explicá-la e torná-la compreensível ao indivíduo, e pode ser resumidamente entendido como resultado da relação entre uma teoria-geral e um objeto-modelo. Nas palavras de Bunge (1974), modelo teórico é definido como sendo

“um sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto-modelo, que é, por sua vez, uma representação conceitual esquemática de uma coisa ou de uma situação real ou suposta como tal”. (p. 16).

Ainda com relação aos modelos teóricos, Bunge alerta:

“Cuidado: isto, o sentido do modelo teórico de “modelo” só pode ser usado em conexão com teorias axiomatizadas, pois um modelo de uma teoria factual de outro modo não interpretada é construído atribuindo-se a cada um dos conceitos primitivos da teoria uma interpretação factual - e não se sabe quais são os conceitos primitivos antes de axiomatizar a teoria”. (Bunge 1973, p. 291).¹⁵

Desta forma, todo modelo teórico é parcial e aproximativo (Bunge 1974). Uma vez que somente os elementos do trabalho científico, como a observação, a intuição e a razão, não permitem o conhecimento do real. Porém, o método da modelagem e da sua comprovação apresentam um bom resultado em relação ao conhecimento da realidade.

Sendo assim, a **teoria geral** é definida como uma estrutura lógica que deve ser aplicável a qualquer parcela do mundo. No entanto ela é uma estrutura racional que não pode ser aplicada à realidade, isto é, ela depende da construção dos elementos conceituais que possam ser racionalizados, os objetos-modelo. No espírito da análise realista, os modelos teóricos formam-se por meio da introdução de funções específicas para a teoria geral, que, por sua vez, está implicada a partir dos fenômenos que os modelos objetivam interpretar e dos pressupostos idealizados para os sistemas formados pela classe de fenômenos.

Nestes termos, **objetos-modelo** são estruturas conceituais hipotéticas, representantes de um sistema real, que devem ser vinculadas a uma teoria geral que determinará o seu comportamento. Será determinado por meio da especificação de características que elementos da realidade devem ter. As propriedades dos objetos-modelo devem permitir que ele seja operacionalizado pela teoria geral, isto é, eles devem ser suscetíveis à racionalização. Lembrando que a construção de uma teoria geral e do objeto-modelo requer, para Bunge, um modelo teórico. E, “apesar do alto grau de realidade, não permitem (os objetos-modelo) nenhuma operacionalização que vá além do estabelecimento de semelhanças” (Pietrocola 1999).

¹⁵ Bunge concentra-se no aspecto semântico da “axiomatização” da Física, como sendo a apresentação do sistema teórico como um todo, explicitando seus conceitos e enunciados básicos e distinguindo-os do derivados (teoremas).

Tabela 01 - Síntese dos elementos para a construção de modelos explicativos segundo Mario Bunge, aplicada a um objeto-modelo da teoria geral Eletromagnética.

Teoria geral	Lei que deve reger o comportamento dos elementos utilizados para a explicação.	Eletromagnetismo
Objeto-modelo	Elemento ou estrutura hipotética que é utilizada para a construção dos modelos.	Campo
Modelo teórico	Explicação do fenômeno em termos de teorias gerais e objetos-modelo que pode ser testada empiricamente.	Interação entre corpos à distância é mediada pelo campo

Há muitas espécies de objeto-modelo e, por consequência, de modelo teórico. Estas espécies formam um espectro que tem em uma extremidade objetos-modelo mais simples, dotados apenas de uma entrada e saída $\langle E, S \rangle$, e na outra, objetos mais complexos, cheios de mecanismos que resultam num modelo teórico também complexo.

Os primeiros, denominados por Bunge como sendo do tipo caixa preta, partem da preocupação com a descrição e predição do comportamento do objeto sem ocupar-se com sua composição e processos internos. Neste caso, reduzem os acontecimentos estudados a pares $\langle E, S \rangle$ que se constituem pares primitivos de modelo e que podem ser substituídos por uma fórmula geral que ligue esses conjuntos de valores. Ou seja, que exprima o comportamento do modelo $\langle E, S \rangle$. No entanto, este modelo nada diz sobre o sistema interno real de seu objeto-modelo. Mas, a medida que a fórmula geral é inserida numa teoria geral, temos um modelo teórico de um objeto-modelo do tipo caixa preta.

Ao passo que novas variáveis são introduzidas no desenvolvimento da pesquisa, caminhamos para outro extremo do espectro, para objetos-modelo do tipo caixa translúcida, com estados internos, e do tipo caixa com mecanismo. Bunge (1974) coloca que “nesse caso, dever-se-á complicar o modelo, juntando-lhe leis destas mudanças de forma de conduta.” Ao atribuir à caixa preta hipóteses relativas a seus mecanismos derivados de seu funcionamento

“uma hipótese acerca dos mecanismos escondidos só poderá ser consideradas como confirmada se satisfazer as seguintes condições: explicar o funcionamento observado, prever fatos novos além dos

previsíveis por modelos de caixa negra e concordar com a massa das leis conhecidas”. (p. 21).

Para Bunge esta propriedade dos modelos determina sua forma de apreensão da realidade, considerando que quanto maior o mecanismo, melhor é o modelo ao representar o mundo exterior. As coisas são o modelo teórico que as representa e sua essência pode, então, ser determinada pelos mecanismos hipotéticos ou escondidos, nele presentes.

O pesquisador pode escolher entre estes dois extremos dos objetos-modelo. Entre o conhecimento superficial e o conhecimento aprofundado. Mas, independente da escolha feita, o caminho de pesquisa envolve a construção de objetos-modelo e de modelos teóricos. Além disso, sendo o objetivo a longo prazo do cientista interpretar a realidade, as caixas pretas devem ser consideradas apenas o primeiro estágio na construção da teoria. Ao evoluir para as caixas translúcidas, suas teorias contêm, além das variáveis externas, referenciais dos processos internos por meio de variáveis indiretamente controláveis.

2.2 Modelos e explicações no ensino de ciência

Os livros didáticos de Física expõem os estudantes a uma grande quantidade de imagens. Diferentes tipos de átomos, ondas, circuitos elétricos e sistemas do universo são alguns exemplos de imagens encontradas nestes livros com intuito de favorecer as explicações científicas. Além de representações visuais, também encontramos representações verbais, simbólicas (Gilbert, Boulter et al. 1998) e físicas de modelos científicos que, em diferentes níveis de abstração procuram aproximar-se da realidade e contribuir para a aprendizagem científica (Treagust, Chittleborough et al. 2004).

Atualmente os modelos e a modelagem são considerados parte integrante da alfabetização científica (Gilbert 1991; Gilbert, Boulter et al. 1998). Reconhecer a importância dos modelos na educação científica torna necessária uma teoria/metodologia/pedagogia de ensino-aprendizagem coerente com os modelos e a modelagem. No entanto, ainda não há uma que descreva os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem baseada em modelos, nem que apresente como os modelos devem ser abordados no ensino (Gobert and Buckley 2000). A perspectiva da psicologia cognitiva

sobre a educação em ciências envolve necessariamente o entendimento da natureza dos modelos e da modelagem (Gilbert and Boulter 1998). Tem-se clareza de que este processo sofisticado deve ser explicitado e os professores devem estar familiarizados e sensíveis às semelhanças e diferenças entre os modelos que usam para explicar fenômenos da Ciência (Harrison and Treagust 2000).

Encontramos artigos que, ao apresentarem evidências experimentais, argumentam que o uso de modelos no ensino fornece uma direção para que os estudantes compreendam a natureza da Ciência (Coll and Treagust 2001; Coll, France et al. 2005). Outras pesquisas afirmam que abordagens pedagógicas/metodológicas baseadas nos modelos fornecem as ferramentas essenciais para que os alunos compreendam a Ciência. Consideram os modelos invenções conceituais da Ciência (Ryan and Aikenhead 1992) essenciais para pensar e trabalhar cientificamente (Al-Balushi 2011) porque são “produtos da ciência, métodos, seu maior aprendizado e ferramentas de ensino” (Crawford and Cullin 2004). Modelos e modelagem podem desempenhar um papel significativo em sala de aula, contribuir para a aprendizagem em sala de aula e precisam ser explorados. Ensinar modelos científicos requer uma compreensão sólida dos propósitos e do poder deles como produtos da Ciência para agirem “como auxiliares da memória, ferramentas explicativas e dispositivos de aprendizagem, compreendidos e lembrados pelos alunos” (Harrison and Treagust 2000).

Segundo Gilbert e Boulter et al. (2000), uma explicação pode ser avaliada como apropriada considerando-se as três componentes previamente apresentadas: adequação, relevância e qualidade.

A adequação de uma explicação é uma declaração sobre a relação entre o tipo de questão feita e o tipo de explicação confeccionada, ou seja, é a exigência de que a pergunta tenha o mesmo significado para quem pergunta e quem responde.

A relevância, segundo componente definido por Gilbert e Boulter et al. (idem), de uma explicação é a medida do grau no qual ela reúne as necessidades do questionador;. Pode ser atestada em dois níveis. No primeiro nível, o extrínseco, o questionador percebe que quem explica valoriza demasiadamente certas explicações e, portanto, elas devem ser aprendidas. Por exemplo, no ensino tradicionalmente diretivo, na maioria das vezes, os estudantes valorizam as explicações dadas pelos professores e as convertem em

estratégias de êxito puramente escolar, porque elas serão cobradas nos exames. Ainda neste nível, entra em jogo o contexto social no qual a explicação é recebida. Uma questão sobre cores em um contexto da aula de “Física” desencadearia uma explicação causal em termos de comprimento de onda da luz, enquanto no contexto da aula de “Química” ela envolveria excitação de elétrons em átomos e moléculas. Assim, é lícito afirmar que uma explicação baseada em uma formulação típica da disciplina de química é pouco relevante para as necessidades do questionador (estudantes) em Física.

No segundo nível, o intrínseco, o questionador deseja saber ou compreender alguma coisa por seus próprios motivos. Seguindo o desiderato comum a todos educadores, Gilbert e Boulter et al. concebem a aprendizagem vinculada ao interesse do questionador. Com efeito, o estudante teria o genuíno desejo de conhecer como o mundo natural trabalha e ser capaz de julgar em que medida se pode interferir e modificar o ambiente.

Finalmente, a qualidade de uma explicação é a medida de sua legitimidade comparada com o corpo de conhecimento aceito pela comunidade científica. Na visão de Gilbert e Boulter et al., uma explicação deve:

- Providenciar explicações para os problemas salientes no momento e ser compatível com o conhecimento científico (ela deve apresentar plausibilidade);
- Usar conceitos em menor quantidade e com mais amplo alcance do que sua predecessora (ela deve apresentar parcimônia);
- Ser aplicável à maior gama possível de contextos (ela deve apresentar generalização);
- Levar ao maior número de predições de sucesso (ela deve ser frutífera).

Na primeira condição entra em cena o embate com conhecimentos prévios no campo do conhecimento focalizado. Uma explicação deve ser plausível quando comparada com os conhecimentos existentes. As demais condições são influenciadas por demandas a serem encaradas ou oportunidades procuradas e consideradas para o futuro. Ora, uma explicação apropriada deve ser aquela que traz uma frutífera, parcimoniosa e generalizável contribuição para estes desafios (Gilbert, Boulter et al. 1998).

2.2.1 A construção de entidades e futuras explicações

Um trabalho que dá importantes contribuições para essa discussão foi desenvolvido por Jon Ogborn et. al (1996) e busca compreender como professores desenvolvem explicações nas aulas de ciências. Apesar da maioria dos professores de ciências concordar que explicar é tarefa fundamental, central e crucial em seu trabalho, a ação de explicar para os alunos é pouco discutida quando comparada à ação de explicar na Ciência. Por isso, a direção das explicações em sala de aula é normalmente dada pela troca de experiências entre os professores e por demonstrações e experimentos em livros didáticos. Desta forma, a melhor maneira de explicar um determinado conceito distingue-se por ser mais simples ou mais complicada, mais fácil ou mais difícil, mais clara ou mais confusa (Martins, Ogborn et al. 1999).

Se uma explicação pode ser popularmente definida como uma resposta a uma questão a tarefa dos professores de ciências merece maior atenção, porque precisam apresentar respostas para coisas que não parecem precisar de explicação, precisam criar a necessidade da explicação. Neste ínterim, o professor tenta estabelecer relações entre as suas visões de mundo, as dos alunos e as das ciências. Para isso cabe ao professor **criar diferenças** entre o que o aluno sabe e o que se deseja que ele saiba, para que o que deve ser explicado o seja de forma que o aluno se aproprie da explicação como se a desejasse. Ao tentar aproximar esses abismos conceituais,

“uma explicação que satisfaz o professor, muitas vezes, contraria as ideias que os estudantes têm a respeito do mundo físico. Uma explicação baseada no senso comum frequentemente não encontra paralelo na visão correntemente aceita pelos cientistas”. (Martins, Ogborn et al. 1999, p. 2).

Isso ocorre porque aprender ciências envolve “passar a conceber o mundo físico de forma diferente”, a “ver o mundo de outras maneiras, algumas totalmente não intuitivas” (Martins, Ogborn et al. 1999). Sendo assim, explicar ciências em sala de aula envolve

“considerar diferentes estratégias de comunicação, diferentes interesses e habilidades cognitivas dos interlocutores, a motivação, os

objetivos e papéis sociais dos participantes, as restrições impostas pelo contexto etc.”. (Martins, Ogborn et al. 1999, p. 2).

Por isso, com objetivo de encontrar uma forma de analisar diferentes episódios explicativos¹⁶ em sala de aula, Ogborn e seus colaboradores das áreas de Educação em Ciências, Linguística e Ciência Cognitiva foram além das palavras e a que elas se referem. Incluíram em seus estudos a linguagem oral e escrita, assim como imagens, gestos e relação interpessoal. Como resultado apresentaram um referencial para análise de episódios explicativos para as aulas de ciências que pensa a explicação científica em sala de aula para além da mera introdução dos alunos ao discurso científico. Questionam “como as entidades da ciência são trazidas à existência pelos alunos?” (Jon Ogborn 2002).

Discutir as explicações sob a óptica da “ontologia das entidades envolvidas nos fenômenos a serem explicados” atribui às explicações uma necessidade num determinado contexto. Discussões sob esta perspectiva iniciaram-se na Filosofia da Ciência, com Harré (1986) e Bhaskar (1978) e conduzem a estudos que apresentam as explicações como base, em julgamentos ontológicos de similaridade e diferença. Estudos estes que Ogborn e Martins et. al (1996) exploraram, também sob influência das ideias de Piaget e Garcia (1987) que

“discutem como significações para novas entidades são construídas através da ação, a partir de análises (a) do que estas entidades podem fazer, (b) do que pode ser feito delas e (c) do que elas são feitas”. (Martins, Ogborn et al. 1999, p. 5).

Uma das principais conclusões do trabalho de Ogborn et. al. (1996) refere-se a uma analogia entre a estrutura das explicações científicas e a estrutura das histórias. Ao sugerir que as explicações científicas têm estrutura básica semelhante a uma história definem explicações como:

“Envolvendo a criação de novas visões de mundo, onde possam existir novas entidades constituintes e participantes de novas realidades, que

¹⁶ Segundo Martins, Ogborn et. al. (1999) um “‘episódio explicativo’ relaciona participantes que atuam em um cenário e se estende ao longo do tempo, possuindo uma estrutura inclusiva em que um episódio pode conter outros episódios ou sub-episódios.”

possuem possibilidades de ação e interação próprias em sequências de eventos. Uma explicação diz como essas entidades atuam juntas de forma a produzirem fenômenos. Explicações, portanto, baseiam-se na natureza básica, na ontologia das entidades físicas”. (Martins, Ogborn et al. 1999, p. 5).

Desta forma, os protagonistas da história promulgam uma sequência de eventos que têm um desfecho, que é o fenômeno a ser explicado e que nos diz como uma coisa ou outra acontece. Avraamidou e Osborne (2009) resgataram um artigo da *New Scientist* intitulado “*Cosmic Conection*”, no qual o cosmólogo Marcus Chown finaliza seu artigo com uma explicação popular que afirma que os átomos de nosso sangue são o resultado de uma reação violenta no interior das estrelas, para exemplificar os estudos de Ogborn e Martins *et. al.*, que consideramos interessante:

“Mas se todos estes exemplos de nossa conexão cósmica deixam de impressionar você, levante a mão. Você está olhando para uma poeira estelar feita de carne. O ferro no sangue, o cálcio nos ossos, o oxigênio que enche seus pulmões a cada vez que tomar um fôlego, todos foram assados no forno de fogo no fundo das estrelas e soprado para o espaço quando as estrelas envelheceram e morreram. Cada um de nós foi, literalmente, feito no céu”. (Chown 1998, p. 62).

Este exemplo é apropriado porque mostra de modo simples a estrutura de uma narrativa, que possui narrador, personagens e relaciona eventos de forma não arbitrária, com propósito de explicar a origem dos elementos químicos. Um conjunto de entidades imaginárias (protagonistas) como poeira estelar, carne, ferro, oxigênio e o interior quente das estrelas. Sendo que o interior das estrelas desempenha um papel importante e inexplicável sobre os átomos nas estrelas para produzir (ação) a poeira estelar que por sua vez torna-se carne (sequência de eventos) (Avraamidou and Osborne 2009).

Sendo assim, uma segunda conclusão importante das investigações conduzidas por Ogborn, Martins *et. al.* (1996) sobre a construção de explicações em sala de aula pode ser resumida como

“Uma análise de aspectos relacionados ao processo de construção de significações no discurso envolvendo ‘diferenças’ como motor de explicações, entidades da ciência como recursos explicativos, re-contextualizações de conhecimento, relações entre discurso e mundo material.” (Gurgel 2010, p. 180).

E nos conduz a parte deste trabalho de nosso particular interesse por envolverem “aspectos contextuais na tarefa de explicar e uma caracterização de estilos de explicação” (Gurgel 2010). Explicações em sala de aula envolvem, além de **criar diferenças, construir entidades** que se tornem ferramentas de pensamento que não necessariamente são explicitadas e que fazem parte de outras explicações que a escola deve dar ao aluno.

Suponha que desejamos explicar como a luz acende. Para isso nos colocamos frente às entidades imagináveis ‘carga’ e ‘campo’ apresentadas como existentes no mundo real e que, ao mesmo tempo, constituem-se enquanto construções mentais. Portanto, a única forma desta explicação fazer sentido é por meio do conhecimento das entidades envolvidas e de seu papel na história.

Pensar nos elementos que compõem as explicações científicas como entidades favorece a ideia de que explicações são como histórias nas quais a atuação dos personagens (entidades) obedece regras. Também permite **atribuir significação** ao que desejamos que o aluno aprenda por ajudar a revelar como os personagens e seus comportamentos impõem restrições ao que se configura ou não como parte da história que estamos contando.

As histórias que têm as entidades científicas como “protagonistas” têm seu desenvolvimento em função do papel que o conceito tem frente a uma situação e permite um rompimento com uma visão mais imediata do mundo. Explicações científicas comumente evocam protagonistas que fazem parte do conhecimento popular e que precisam ser modificados para compor novos cenários, por isso é preciso que estes protagonistas sejam descritos, assim como o que eles podem fazer, o que pode ser feito deles dentro de um determinado cenário, antes de se contar a história que explica um determinado fenômeno.

As entidades científicas precisam se tornar ferramentas antes de se tornarem entidades que compõem explicações, porque “a construção de entidades é também a construção de futuras explicações” (Jon Ogborn 1996; Jon Ogborn 2002). Para isso, algumas explicações escolares não têm como objetivo primário explicar um fenômeno, mas tem a função de apresentar as novas entidades que compõem a explicação e de atribuir significados. Apresentar os protagonistas é indispensável porque as entidades usadas nas explicações precisam ser trazidas para a existência. As entidades não são apenas um constituinte do mundo que nos cerca, elas são os próprios elementos para seu entendimento.

2.2.2 Explicações como narrativas

Nos últimos 25 anos, o discurso narrativo tem recebido crescente atenção da psicologia cognitiva e por diversas razões recebeu *status* privilegiado dentre os vários tipos de discurso (Graesser and et al. 1980; Graesser, Kessler et al. 1998; Graesser, Olde et al. 2002). Por exemplo, as situações e episódios narrativos estão muito próximos das experiências cotidianas e são diferentes de outros tipos de discurso (argumentativo, expositivo, lógico). Seus mecanismos são naturalmente compreendidos por darem sentido e comunicarem eventos no/do mundo. Como gênero primário do discurso oral, a narrativa existe há milênios e é considerada o gênero mais fácil, responsável por descrever uma série de ações e experiências de personagens reais ou fictícios. Afinal, todos nós contamos histórias para explicar eventos de nosso dia e dividir histórias com familiares. Histórias e narrativas promovem um entendimento sobre como a experiência pode ser estudada e representada.

Apesar de, em linguagem cotidiana, a palavra “narrativa” ser utilizada como sinônimo de “história”, o termo ‘narrativa’ diz respeito geralmente à estrutura, ao conhecimento e às capacidades necessárias para a construção de uma história. Alguns especialistas estabelecem uma distinção clara entre narrativa e história. Jerome Bruner é um dos autores mais importantes para a compreensão das narrativas e, conseqüentemente, para o surgimento da investigação narrativa. O autor (1991) baseia-se em alguns pressupostos da psicologia cultural, principalmente na necessidade de enveredarmos por uma abordagem mais histórica e interpretativa. E vai além destes pressupostos ao apresentar a “realidade” como construção narrativa, que media a própria

experiência e configura a construção social da realidade, o que também inclui a subjetividade, sempre relacionada com o discurso comunicativo (Rabelo 2011).

Bruner (1991) distingue duas maneiras através das quais os humanos organizam suas experiências. A primeira é organizadora do pensamento lógico-científico, é baseada em razões e ele denominou paradigmática. A segunda é a narrativa, que segundo Bruner é usada para se referir a:

“a) Uma maneira de esculpir e estruturar informações através de expressões de diferentes mídias em formas prontamente entendidas e que guiam o aprendiz a compreensão; e, b) um modo cognitivo que os alunos usam para dar sentido a uma informação ou experiência.” (Bruner 1991 apud Avraamidou e Osborne 2009, p. 1688).

Estes dois modos de organização dos pensamentos não representam uma oposição, mas sim complementaridade. Para capturar a rica diversidade da cognição não se pode ignorar nenhum destes dois conhecimentos. É preciso analisá-los para compreender as diferentes maneiras de se lidar com a experiência. Cada maneira de conhecer tem princípios e critérios específicos, diferem nos procedimentos de verificação e na forma de argumentação.

Pessoas entendem o mundo em que vivem e comunicam seu entendimento a outras por meio de narrativas. A narrativa não é uma construção livre, ela conta os significados que a pessoa constrói para o “si mesmo”. Para Bruner (1991), a autobiografia não é um registro, mas uma narração do que se pensa que se fez, em que circunstâncias, de que formas, por que razões. É um relato feito no presente por um narrador, sobre o processo de construção de um protagonista que tem o seu nome e existiu num passado, desembocando a história no presente, onde o protagonista se une com o narrador.

Também tem sido crescente a atenção atribuída às narrativas no ambiente escolar, inclusive de ciências (Abell 2004, p. 92; Norris, Guilbert et al. 2005; Bostrom 2008; Avraamidou and Osborne 2009), com objetivo de tornar o ensino mais significativo por meio do uso de narrativas e histórias como ferramentas didática e metodológica. Norris, Guilbert et. al. (2005) ao apresentarem um quadro geral das pesquisas sobre

narrativas no ensino de ciências, colocam que estas têm atraído a muitos devido aos benefícios educacionais que estas promovem. Millar e Osborn (1998) propõem que:

“O ensino de ciências deve fazer melhor uso de um dos mais poderosos e persuasivos meios de comunicar ideias do mundo - as narrativas - por reconhecer que seu objetivo central é apresentar ‘histórias explicativas’”. (p. 2013).

Ao enfatizarem o valor da narrativa na comunicação e na construção de ideias coerentes e significativas, Millar e Osborn reúnem quatro argumentos que consideram justificar suas vantagens. Dentre eles, nos parece ir de encontro aos nossos objetivos, o argumento que coloca as “histórias explicativas” como responsáveis pelo fornecimento de um melhor retrato do tipo de entendimento que desejamos que os alunos obtenham, o que aponta para um tipo de avaliação mais adequada.

Estes apontamentos sobre o valor da narrativa para a aprendizagem tornam pertinentes as perguntas: Quais são os componentes necessários das narrativas que podem ser de valor para o ensino das ciências? Para qual propósito servem as narrativas nesta pesquisa? Procuramos desenvolvê-las com o decorrer desta seção.

Discussões literárias sobre narrativas parafraseiam que “podemos conceber o discurso narrativo mais minimamente e mais geralmente como atos verbais consistindo de alguém dizer a alguém que alguma coisa aconteceu” (Herrnstein Smith 1981 apud Norris, Guilbert et. al. 2005). Conforme coloca Ribeiro e Martins (2007):

“Narrativas são vistas como uma série de elos causais, ou seja, cada um dos eventos relatados numa narrativa guarda uma relação não apenas uns com os outros, mas também com o todo”. (p. 296).

A partir destas declarações podemos encontrar referências a um narrador (suposto emissor do discurso narrativo), um narratário (hipotético receptor do discurso narrativo), eventos e do tempo passado (conjunto de acontecimentos relacionados entre si que se desenrolam num determinado espaço e tempo). Bostrom (2008) resume a pesquisa sobre narrativas desenvolvida por Polkinghorne (1995) da seguinte forma:

“Ele identificou a ação e o evento, sugerindo que uma história ou narrativa consiste em uma sequência de eventos, organizados em um todo por meio de um enredo. A trama é uma espécie de esquema, pelo qual o significado dos eventos individuais podem ser compreendidos. A narrativa é um tipo especial de discurso. Um discurso pode ser definido como uma forma de comunicação, onde alguns aspectos são excluídos e alguns são incluídos em uma moda que é regida por regras concebidas para proporcionar significado. Polkinghorne usa duas declarações simples para ilustrar o seu pensamento - ‘O rei morreu. O príncipe chorou’. Isoladas estas declarações descrevem dois eventos independentes. No entanto, quando conectadas a uma história, um novo nível de significado relacional ou discursividade é criado, caracterizado pela tomada de significado carregado dentro do enredo. Em uma história o choro do príncipe é uma reação à morte do pai e, desta forma, a narrativa cria um contexto para a compreensão do choro.” (p. 393).

Em sala de aula, as narrativas podem ser uma ferramenta útil tanto para os professores quanto para os alunos, como meios de comunicar seus entendimentos da Ciência por apoiarem o empenho de construir explicações científicas (Avraamidou and Osborne 2009).

Preocupados com narrativas escritas, Avraamidou e Osborne (2009) estudaram Chatman (1978), Norris, Guilbert, *et. al.* (2005) e Toolan (2001). Que conduziram a uma extensa análise funcional que é relevante para o nosso interesse sobre os componentes da narrativa e sua função. Resumiram as principais características dessas análises, que expotas na **Tabela 02**.

Tabela 02 - Resumo dos componentes das narrativas elaborado por Avraamidou e Osborne (2009).

Elemento narrativo	Descrição dos elementos
--------------------	-------------------------

Propósito	Para nos ajudar a entender o mundo natural e humano. No caso do mundo natural, narrativas ajudam o leitor a inventar novas entidades, conceitos e algumas imagens da visão do cientista sobre mundo material.
Eventos	Uma cadeia ou sequência de eventos que estão ligados uns aos outros.
Estrutura	Uma estrutura identificável (início, meio e fim) onde os eventos estão relacionados temporalmente.
Tempo	Narrativas dizem respeito ao passado.
Agentes	Atores ou entidades causais e eventos experienciados. Atores podem ser tanto entidades humanas ou materiais que agem uns sobre os outros.
Narrador	O narrador que seja um personagem real ou, alternativamente, um sentido de um narrador.
Leitor	O leitor deve interpretar ou reconhecer o texto como uma narrativa.

2.3 Considerações sobre os marcos teóricos

Ao traçarmos as diretrizes necessárias para a efetividade do processo de construção de modelos e explicações que considerem entidades físicas, parece-nos razoável aderir à proposta de Ogborn et al. (1996, 2002), segundo as quais estas explicações produzidas pela Ciência se parecem com histórias, mesmo que às vezes não sejam contadas como tais. É possível identificar protagonistas pertencentes a um cenário pré-definido, no qual cada um desempenha papéis que atendem às expectativas e exigências delimitadas pelo cenário ou contexto. Por exemplo, para explicar cientificamente estou vendo a letra preta impressa nesse papel branco, entidades ópticas precisam ser trazidas à existência. E, ao serem apresentadas como reais, seus possíveis comportamentos desenvolvem vida própria e constituem a história.

A palavra luz, usada e conhecida no dia a dia, também presente na explicação científica, precisa ser construída como uma nova entidade, pertencente a um outro modelo explicativo devido a natureza da explicação desejada. Conceitual e real ao

mesmo tempo, a luz enquanto personagem do cenário óptico age segundo suas regras, ou seja, é delimitada pelo cenário.

Ogborn *et. al.* (2002) coloca que

“entidades científicas têm de se tornar ferramentas de pensamento, mesmo que a princípio sejam coisas em que pensar. Elas têm de se tornar entidades que fazem parte das explicações, não coisas que são explicadas”. (p. 137).

Assim, segundo Ogborn, a construção de entidades é também a construção de futuras explicações. Do que podemos inferir que os componentes ontológicos das explicações científicas são um conjunto de entidades com propriedades específicas, pertencentes a um cenário que declara a relação entre essas entidades.

Por outro lado, Bunge ao apresentar a construção de modelos, conforme discutimos anteriormente, sugere que o primeiro passo para gerar modelos teóricos explicativos é a construção dos elementos, por ele definidos como objetos-modelo, que serão utilizados como o “mecanismo” do modelo. A Ciência cria constructos que representam objetos concretos (reais) e/ou formais que nada dizem a respeito do comportamento de seus referentes.

Nesse sentido, um paralelo pode ser feito entre os componentes ontológicos de modelo científico, na perspectiva do Bunge, que são um conjunto de objetos-modelo (entidades), com suas propriedades específicas expressas por um conjunto de teorias gerais (cenários), que declaram a relação entre essas entidades e constituem o modelo (explicação). Segundo Bunge, quando temos a relação entre uma teoria-geral e um objeto-modelo ocorre a construção de um modelo teórico de uma parcela da realidade, que tem como principal objetivo explicá-la e torná-la compreensível ao indivíduo.

A forma de Bunge vislumbrar os modelos e seu papel na Ciência nos parece ressaltar a importância dos modelos e da modelagem como ferramentas fundamentais ao ensino. Ao procurarmos estabelecer uma relação entre a construção de modelos na Ciência e o Ensino de Ciências estaremos “instrumentalizando os alunos a representarem a realidade a partir das teorias gerais” (Pietrocola 1999). Cenários devidamente estabelecidos e atores conhecidos podem assegurar explicações.

A importância dessa reflexão pode ser um meio de transformação. Segundo a concepção bungeana dos modelos construídos pela Ciência, “se modeliza visando aprender o real e todo modelo científico se traduz como um incremento à compreensão da realidade do mundo” (Pietrocola 1999). Da mesma forma, como em sala de aula a construção de explicações com base em entidades científicas passa de um real imediato para um real idealizado pela Ciência, ou seja, transforma o conhecimento e atribui significação ao que é material.

Nesta etapa do trabalho finalizamos nossas considerações teóricas sobre nosso tema de análise. No entanto, este é só o começo do trabalho. Nossas reflexões nos indicam que “assim como na ciência, a construção de modelos é resultado de um processo criativo, mediado pelos/e entre os homens pela ação da razão” (Pietrocola 1999), no ensino de ciências as significações para novas entidades são construídas por meio da ação, a partir de análises do que estas entidades podem fazer, do que pode ser feito delas e do que elas são feitas (Jon Ogborn 1996; Martins, Ogborn et al. 1999; Jon Ogborn 2002). Todas essas considerações nos levam a promover novos instrumentos e recursos para refletir e compreender como os alunos usam os modelos da Ciência na produção de explicações e como as entidades presentes no mundo cotidiano e no mundo da Ciência participam da construção de explicações produzidas pelos alunos. Com isso, nos direcionamos à sala de aula. Por meio de diferentes episódios explicativos, proporcionamos diferentes possibilidades de se pensar em como explicar diferentes situações que envolvam entidades da Ciência.

CAPÍTULO III: Metodologia

"Para passar-se de uma palavra ao seu significado, antes destruir-se-á em estilhaços, assim como o fogo de artifício é um objeto opaco até ser, no seu destino, um fulgor no ar e a própria morte. Na passagem de simples corpo a sentido de amor, o zangão tem o mesmo atingimento supremo: ele morre."
(Lispector 1999)

Como desenvolvido no capítulo anterior, nossa problemática é compreender como as entidades presentes no mundo cotidiano e no mundo da Ciência participam da construção de explicações produzidas pelos alunos. Neste capítulo apresentamos os aspectos metodológicos da investigação. Para tanto, expomos a perspectiva metodológica adotada, as estratégias de pesquisa e o desenho metodológico da investigação desenvolvida.

3.1 Perspectiva metodológica. Considerações gerais

As ideias de Mario Bunge, que no capítulo anterior nos serviram de referencial teórico, podem aqui nos ajudar a definir o impasse que vive todo pesquisador da área de humanas no momento de definir sua metodologia de pesquisa. Ele afirma que “toda pesquisa, não importa de que tipo seja, propõe-se a resolver um conjunto de problemas” (Bunge 1987). Um cientista da natureza costuma ter um objeto de pesquisa muito claro a ser investigado, pois acredita que os instrumentos herdados de sua área de atuação permitirão investigar a realidade com sucesso. No entanto, um pesquisador em Educação tem o mundo da sala de aula e da escola como seu objeto de pesquisa, precisa buscar os instrumentos que o permitirão acessar esse nível de realidade. Um acesso que deve ir além da simples observação ou de uma pesquisa empírica pura que se presta apenas a reunir dados a partir de alguns conceitos elementares.

Ao delimitarmos nosso objetivo de pesquisa admitimos como tarefa entender e identificar o que ocorre na realidade delimitada por nosso campo de pesquisa, o ensino de física. Para isso, é necessário, analogamente a um cientista natural, identificar os

conhecimentos ou instrumentos relevantes, “dados empíricos, teorias, aparelhos de medição, técnicas de cálculo...” para tentar solucionar o problema. Ou seja, precisamos elaborar e delimitar uma metodologia que permita o acesso à realidade de nosso campo de pesquisa. Caso a solução não seja satisfatória é necessário a “invenção de novas ideias (hipóteses, teorias ou técnicas) ou produção de novos dados empíricos que prometam resolver o problema”. (Bunge 1987).

Neste caso, a necessidade metodológica exige que tentemos de alguma maneira encontrar uma forma razoavelmente segura de prospectar a realidade das aulas de Física. A perspectiva metodológica que seguimos nesse estudo é a qualitativa. Nesse tipo de abordagem, o termo ‘pesquisa’ volta seu olhar à qualidade, aos elementos que sejam significativos para o observador-investigador, que é o principal instrumento de obtenção e análise dos dados. Assim, o pesquisador não é neutro em relação à pesquisa. Ele atribui significados, seleciona, interage com o conhecimento e se dispõe a comunicá-lo por meio da “construção de resultados”, posto que compreensões nunca serão definitivas (Garnica 1997). As características básicas de uma pesquisa qualitativa são apontadas por Lüdke e André (1986):

- “1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. (...)*
- 2. Os dados coletados são predominantemente descritivos. (...)*
- 3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. (...)*
- 4. O 'significado' que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador. (...)*
- 5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos. As abstrações se formam ou se consolidam basicamente a partir da inspeção dos dados num processo de baixo para cima”. (p. 11-13).*

Neste contexto encontramos diversas formas de investigação qualitativa, mas aplicados ao ensino prevalecem cinco tipos: estudos qualitativos básicos e genéricos, etnográfica, fenomenológica, teórica fundamentada e estudo de casos. Astolfi (1993)

elabora três "paradigmas" para delinear esses tipos de pesquisa educacionais que têm como objeto a prática escolar. Resumidamente, Gurgel (2010) apresentou esses tipos de pesquisa delimitados por Astolfi (idem) da seguinte forma:

“1 - Pesquisas de Viabilidade (Pragmáticas): Estas pesquisas buscam verificar a viabilidade de uma inovação previamente planejada. Com isso, o resultado é a possibilidade desta inovação, através da hipótese elaborada.

2 - Pesquisas de Significação (Hermenêuticas): Estas pesquisas buscam analisar, através de registros feitos na escola, situações complexas, com o objetivo de caracterizar os acontecimentos desta aula. Neste caso, não dispomos de uma teoria para explicar as situações e as hipóteses não podem ser diretamente refutadas, como no caso anterior, mas podem ser consideradas como um "diagnóstico" que demonstra a emergência de novas interpretações para as situações escolares.

3 - Pesquisas de Regularidades (Nomotéticas): Estas buscam caracterizar elementos do processo educativo de forma que os resultados das metodologias possam ser replicados. Para isso é necessário o conhecimento de uma ‘regra’ que demonstre a viabilidade da proposta”. (p. 203-204).

Como buscamos verificar a viabilidade de uma hipótese teórica e se de alguma maneira ela pode ser exercida no contexto escolar, identificamos nossa pesquisa como sendo de viabilidade.

3.2 Instrumentos metodológicos. Caracterização da pesquisa

Durante a definição de nosso objeto de estudo nos deparamos com diferenças significativas entre as várias metodologias de pesquisa disponíveis na literatura. Cada metodologia traz especificidades relativas às diferentes perguntas que buscam responder e às soluções que visam encontrar. O presente trabalho ainda apresenta outras dificuldades que vão além daquelas inerentes ao ensino de física. Como exposto na

seção anterior precisamos definir meios de verificar a viabilidade das considerações que procuram aproximar a ideia de entidades na concepção de Ogborn e colaboradores da de objetos-modelo de Bunge, como um meio de compreender qual uso os alunos fazem dos modelos da Ciência na produção de explicações.

Tendo como foco a atividade de modelização em sala de aula e seguindo a orientação teórica do trabalho, a perspectiva de Bunge é tomada como referência. Nesse sentido, previmos que as categorias de análise a serem desenvolvidas deveriam incorporar um processo de modelização que claramente distinguisse os três elementos definidos por Bunge, ou seja, objeto-modelo, modelo teórico e teoria geral.

A ideia inicial consistia em elaborar e implementar uma sequência de ensino-aprendizagem sobre as entidades físicas ‘carga’ e ‘campo’ que identificamos como objetos-modelo presentes em diversos modelos teóricos físicos. No entanto, conforme explicitaremos a seguir, apesar de mantermos o desenho metodológico, complicações didático-metodológicas nos levaram a estudar outras possibilidades para coleta e análise de dados.

Carga e campo, conceitos de especial relevância tanto do ponto de vista científico quanto de uso técnico-tecnológico, foram escolhidos para delimitar os temas ou conceitos da Física sobre os quais a modelização irá versar. Estes conceitos permitem o diálogo em diversos níveis de modelização, desde modelos mais simples até modelos mais complexos, ou seja, desde modelos do tipo caixa preta onde não se tem referência dos mecanismos de constituição, até modelos mais sofisticados onde o uso de tais mecanismos se faz necessário.

A escolha destes objetos-modelo, carga e campo, permite um passeio pela modelização em vários níveis, onde claramente as entidades ‘científicas’ desempenham papel fundamental em modelos mais sofisticados desenvolvidos no contexto da Física. Por isso, acreditamos que atividades de ensino-aprendizagem com esse tipo de mecanismo devem prever situações em que o aluno se aproprie e faça uso dessas duas entidades físicas que se vinculam a cenários/contextos diferentes.

Ao considerarmos razoável que:

(i) As explicações produzidas pela Ciência pertencem a um cenário pré-definido, no qual cada um de seus atores ou entidades desempenham papéis que atendem as expectativas e exigências delimitadas pelo cenário ou contexto; e que,

(ii) Existe uma aproximação entre a ideia de entidades e de objetos-modelos definidas por Bunge.

Esperamos encontrar vínculo entre:

(i) O processo de construção e incorporação de modelos;

(ii) A produção de explicações; e

(iii) A construção e transformação dos significados de entidades físicas por estudantes do Ensino Médio.

Por compartilharmos o objetivo de desenvolvimento de narrativas pelos alunos, sentimos as mesmas dificuldades vivenciadas por Gurgel (2010) ao procurar por aportes para guiar o caminho de intervenção que traçou em sua tese de doutorado. O que torna necessário determinar o tipo de atividade didática e sua metodologia. Sendo assim, estudamos a possibilidade de desenvolver, aplicar e analisar três atividades sob as mesmas perspectivas de Gurgel, que defendeu “as narrativas como apropriações individuais de uma forma de concebermos interpretações para a realidade exterior”.

Desenvolver atividades sobre os conceitos de campo e carga não é uma tarefa fácil. Martín e Solbes (2001) pontuam que aparecem complicações que se devem a várias razões, tais como:

“a) As dificuldades que encontramos em fazer uma introdução qualitativa para o campo, dado o nível de abstração dos conceitos envolvidos;

b) Que não podemos facilmente relacionar com a experiência cotidiana dos alunos, como pode ocorrer com os conceitos da mecânica;

c) E, especialmente, durante o processo de ensino, são esquecidos, muitas vezes, as interações entre partículas. Que podem ser descritas

de diferentes maneiras (forças, campos de energia, etc.) e podem confundir os estudantes se eles não são suficientemente claros os conceitos, estabelecendo relações, diferenças e áreas de aplicação.” (p. 393-394).

Além disso, surgem também dificuldades relacionadas à produção de narrativas por parte dos alunos, conforme Gurgel (2010) destacou:

“Nosso estudo demonstrou que, em condições especiais, este tipo de narrativa é muito bem produzido pelos alunos. Essas condições envolvem principalmente as possibilidades intertextuais¹⁷ pelos estudantes.” (p. 271).

Por isso, ao desenvolvermos as atividades que introduzem carga e campo como uma realidade física cuja existência é imprescindível para explicar muitas situações e processos nos quais se apresentam, começamos pela mesma atividade desenvolvida por Gurgel (2010).

3.2.1 Apresentação das atividades

3.2.1.1 Atividade 01 - Entrevista com um elétron

A primeira atividade (Anexo 01) é composta de um texto para leitura que simula uma entrevista com um elétron (Gurgel 2010), com o objetivo de discutir as propriedades elétricas da matéria e possibilitar ao aluno incrementar sua alfabetização científica ao reconhecer a identidade do elétron, como partícula fundamental, e seu papel em alguns fenômenos da natureza. A esse objetivo se seguem duas questões, envolvendo a interpretação do texto e a imaginação dos alunos acerca do comportamento microscópico da matéria e a sua relação com os fenômenos físicos do mundo macroscópico:

“1) Baseado no texto anterior e em seus conhecimentos, faça uma lista de fenômenos que podemos verificar em nosso dia a dia que são baseados nas propriedades do elétron. Liste no mínimo 8 fenômenos;

¹⁷ Entendemos possibilidades intertextuais como sendo as possibilidades de discurso, inferência, justaposição, interface e análise do estudante para com seu próprio texto.

2) Imagine que um dia você acorda e os elétrons dos objetos ao seu redor ‘estão em greve’, isto é, eles não estão produzindo os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. Considerando que os átomos de seu próprio corpo e de seus colegas continuam ‘agindo’ normalmente, descreva tudo que poderia acontecer ao seu redor. Escreva no mínimo uma página”.

Estas questões exigem respostas individuais e podem ser trabalhadas de três formas, a critério do professor, conforme explicitado nas orientações da atividade que foram entregues ao ele (Anexo 02):

“Pode ser apresentada em aula e realizada como atividade extra-classe. Neste caso, é recomendável discutir os momentos da leitura que podem gerar dúvidas no final da aula.

Outra possibilidade é orientar os alunos a fazerem a leitura do texto antes da aula para depois realizar a etapa das questões em classe, o que exige cerca de 30 minutos.

Pode também desenvolver tanto a leitura quando a elaboração das respostas em sala, o que exige cerca de duas aulas”.¹⁸

3.2.1.2 Atividade 02 - Elaboração de um *storyline*

A segunda atividade (Anexo 03) é individual e convida os alunos a elaborarem o *storyline* de uma história imaginária. A *storyline* é a forma de contar o conflito motivado pela ideia de maneira objetiva e sucinta. Optamos por esta forma narrativa porque o contexto de intervenção escolhido, conforme explicitaremos na seção seguinte, não seleciona alunos acostumados a ler e escrever nas aulas de física. Com objetivo de incitar os alunos a pensar sobre a interação entre os corpos e observar como compreendem o modelo teórico sobre campo, a seguinte proposta compõe esta atividade:

¹⁸ Como veremos na seção seguinte, três das escolas (A, B e C) desenvolveram a atividade completamente em sala de aula e uma delas (D) desenvolveu como atividade extra-classe.

“De repente o núcleo de um átomo some! O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons ‘sentirem’ a ausência dos prótons e nêutrons?”

Procuramos por meio desta pergunta convidar os alunos a criar histórias sobre como entidades podem interferir em situações físicas previamente conhecidas. Não se trata de uma atividade trivial e os alunos podem enfrentar – e veremos a seguir que enfrentaram – dificuldades para escrever. Por isso, optamos pelo *storyline* e incluímos algumas sinopses de filmes a título de exemplos na ficha da atividade que foi entregue aos alunos (Anexo 03). Este tipo de narrativa tem uma estrutura comum, composta pela história central e os três tópicos mais importantes da trama. Os três pontos que compõe o *storyline* foram apresentados aos alunos na ficha da atividade e explicitados pelos professores por meio das sinopses dos filmes. Também foram apresentados aos professores esses três pontos e o que se esperava das narrativas dos alunos (Anexo 04):

“Apresentação da situação: o núcleo de um átomo sumiu.

Desenvolvimento da situação: a uma carga sempre está associado um campo que pré-existe mesmo na ausência de outros corpos capazes de revelar sua existência. Esse campo que preenche todo o espaço e é responsável pela interação entre os corpos. Essas interações não são instantâneas!

Solução da situação: Considerando o modelo clássico do átomo, o núcleo, ao desaparecer, leva consigo o campo a ele associado, mas isto não ocorre de maneira instantânea. Uma onda eletromagnética carrega, na velocidade da luz, a informação de que o núcleo não está mais lá. Assim, um elétron em órbita só saberá que não mais está sendo atraído pelo núcleo quando esta informação chegar até ele, e nesse instante sai pela tangente”.

3.2.1.3 Atividade 03 - Elaboração de um roteiro de animação e um storyboard

A terceira atividade (Anexo 05) focalizou situações relativas à corrente elétrica, diferença de potencial e resistividade, exigindo como estratégia que o aluno aplicasse esses conceitos numa situação que requer imaginação da estrutura da matéria. Essa atividade é dividida em duas partes, uma individual e outra em grupo. Na primeira etapa o aluno deverá escrever sobre a seguinte situação:

“Imagine um circuito composto por um interruptor, uma lâmpada, um fio de cobre e uma pilha. O que ocorre no interior do fio desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes”.

Na segunda etapa, os alunos são convidados a trabalhar em grupo para elaborar um *storyboard*, que consiste na representação e/ou descrição de todas as cenas que formam uma história, seja de um filme ou de uma animação. Esta etapa requer que confrontem a produção textual elaborada individualmente na primeira etapa com a dos colegas e imaginem uma sucessão de cenas, o que exige que exponham detalhes do texto escolhido.

As respostas poderiam focalizar a compreensão do conceito de corrente a partir de um circuito elétrico simples, ao qual estão acostumados. É importante que os alunos saibam que os elétrons do fio condutor movem-se na direção da lâmpada porque se estabelece uma *dap* entre os polos da pilha. No interior do fio temos uma “nuvem” de elétrons livres desordenados; quando esses elétrons adquirem organização e se dirigem para uma direção e sentido preferenciais, temos um fluxo de elétrons que constitui a corrente elétrica (Anexo 06).

3.2.2 Fontes de dados e contexto de intervenção

O público alvo de nosso trabalho foram alunos do terceiro ano do Ensino Médio e as atividades foram realizadas em quatro escolas do Estado de São Paulo, três da rede pública estadual e uma da rede privada. A escolha destas escolas se deu pela receptividade e disponibilidade que os professores, com os quais temos uma relação pessoal previamente estabelecida, demonstraram.

Ao serem contactados pela pesquisadora, os professores receberam uma cópia das três atividades (Anexos 01, 03 e 05) e algumas orientações por escrito sobre os objetivos teóricos e as respostas esperadas (Anexos 02, 04 e 06). A conversa consistiu em apresentar as atividades e perguntar aos professores se as mesmas poderiam ser incluídas no planejamento para o primeiro e/ou segundo bimestre do terceiro ano do Ensino Médio, do presente ano. O convite foi conduzido desta forma porque nosso interesse era simular o que costuma ocorrer com os professores quando estão preparando suas aulas.

Não intervimos na escolha do professor, apenas apresentamos as atividades e os deixamos à vontade para verificar se as mesmas atendiam aos objetivos que traçaram para o bimestre e se desejavam desenvolvê-las com seus alunos. Por isso, apesar do contato com os professores ser constante, assim como os relatos após as aulas, não houve influência direta da pesquisadora nas aulas preparadas.

Para facilitar a identificação, atribuiremos a cada uma das escolas as letras A, B, C e D, conforme identificamos abaixo. A distribuição das disciplinas nas quatro escolas segue o currículo padrão de Física, próxima dos eixos temáticos estabelecidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e da maioria dos livros didáticos de Física para o Ensino Médio. Nas escolas A, B e D¹⁹ os professores utilizam a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, que obedece à seguinte ordenação dos tópicos de estudo para o primeiro semestre do terceiro ano:

Primeiro bimestre:

TEMA 1 – CIRCUITOS ELÉTRICOS

Reconhecendo a eletricidade no dia a dia
Buscando as especificações dos aparelhos
Analisando um circuito elétrico
Choques elétricos
Dimensionando o circuito doméstico
Energia elétrica e a conta de luz de cada mês

¹⁹ Apesar da Escola D ser da rede privada, a professora que também lecionava em escolas da Rede Estadual utiliza este material didático como base para suas aulas nessa escola.

TEMA 2 – CAMPOS E FORÇAS ELETROMAGNÉTICAS

Percepção dos campos e sua natureza

Estimando grandezas

Segundo bimestre:

TEMA 1 – CAMPOS E FORÇAS ELETROMAGNÉTICAS

Conhecendo as linhas de campo do imã

Campo magnético de uma corrente elétrica

Gerando eletricidade com um imã

TEMA 2 – MOTORES E GERADORES

Construindo um motor elétrico

Entendendo os geradores elétricos

TEMA 3 – PRODUÇÃO EM CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Compreendendo o funcionamento das usinas elétricas

Compreendendo uma rede de transmissão

Energia elétrica e uso social

Nas quatro escolas as atividades foram desenvolvidas pelos professores entre o primeiro e o segundo bimestre, ou seja, durante o estudo do eletromagnetismo. Além disso, consideramos importante destacar que os docentes ministraram duas aulas semanais com 50 minutos cada.

Após esta apresentação mais geral do contexto de intervenção, vamos apresentar detalhes particulares dos professores, suas escolas e turmas.

A) Escola Estadual Prof^a. Odete Fernandes Pinto da Silva, localizada no Jd. Bela Vista, em Guarulhos, funciona nos três períodos e atende a cerca de 1.600 alunos do Ensino Fundamental II e Médio, assim como Educação de Jovens e Adultos nos níveis Fundamental e Médio. O professor tem treze anos de magistério, é Licenciado em Física pela Universidade Federal de São Carlos, mestre em História da Ciência pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e ingressou no doutorado do Programa de Pós-

Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo em 2011. O professor optou por desenvolver as três atividades com apenas uma de suas turmas do período noturno. Esta turma contava com 38 alunos. Segundo o professor, os alunos eram em sua maioria participativos e gostavam do curso de física, o que é evidenciado pela maciça presença dos alunos nas aulas duplas de sexta-feira.

A primeira atividade aconteceu na primeira semana de abril, depois que já haviam sido abordados os conceitos de carga elétrica e eletrização (Tema 2 - Campos e Forças Eletromagnéticas). Os alunos tinham estudado os detectores eletrostáticos e desenvolvido algumas experiências, dentre elas o eletroscópio de folhas. Desta forma, o professor aplicou essa atividade como encerramento das discussões sobre eletrização e introdução aos estudos da percepção dos campos e sua natureza. Por isso, a segunda atividade, que envolve o sumiço do núcleo de um átomo, foi realizada em sala de aula na semana seguinte, como introdução ao estudo da interação entre os corpos. Na sequência o professor trabalhou as propriedades elétricas e magnéticas da matéria, interação por meio de campos e encaminhou os estudos para conceitualização da corrente e tensão elétrica (Tema 1 - Circuitos Elétricos). A terceira atividade, sobre a elaboração de um roteiro que conte o que ocorre do instante em que se aperta o interruptor até que a luz acenda, o professor não teve possibilidade de realizar.

B) Escola Estadual Dr. Antonio Braz Gambarini, localizada no Jd. Veloso, em Osasco, funciona nos três períodos e atende cerca de 1.800 alunos do Ensino Fundamental II e Médio. A professora tem 04 anos de magistério, é Licenciada em Física pela Universidade de São Paulo e atualmente é aluna de mestrado do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da mesma instituição.

Nesta escola a professora já estava finalizando os estudos em eletricidade (Tema 1 - Circuitos Elétricos), com enfoque para a Física aplicada ao cotidiano, tendo apresentado aos alunos os conceitos de corrente, resistência e tensão elétrica. Sendo assim, a primeira atividade foi aplicada totalmente em sala de aula após a formalização da lei de Ohm, na segunda semana de Abril, para introduzir os conceitos de carga elétrica e eletrização (Tema 2 - Campos e forças eletromagnéticas). Contente e também apreensiva quanto à leitura e escrita dos alunos, a professora considerou esta atividade pertinente a seu planejamento e a desenvolveu em sala de aula com suas cinco turmas. No entanto a

docente achou que as atividades 2 e 3 destoavam da proposta, por isso decidiu aplicar a segunda atividade como tarefa extra-classe em apenas uma de suas turmas, cerca de um mês após realizar a primeira atividade.

C) Escola Técnica São Francisco de Bórgia, pertencente à Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros, localizada no bairro da Liberdade, em São Paulo, foi fundada em 1943, por isso é considerada uma das mais antigas escolas de nível médio e profissionalizante da cidade. O professor tem 13 anos de magistério, é Licenciado em Física pela Universidade Federal de Juiz de Fora, mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo e atualmente é doutorando no programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências pela mesma instituição. Segundo ele, os alunos em sua maioria eram participativos e gostavam do curso de física oferecido pelo docente, que também ministra disciplinas do Ensino Técnico.

As três atividades foram desenvolvidas com duas turmas do período diurno que contavam com 20 alunos cada. Quando o professor desenvolveu as duas primeiras atividades estava finalizando os estudos em eletricidade, tendo apresentado aos alunos os conceitos de corrente, resistência e tensão (Tema 1 - Circuitos Elétricos). Sendo assim, após a formalização da lei de Ohm, na segunda semana de Abril, as atividades compuseram as aulas de introdução aos conceitos de carga elétrica e eletrização. Na sequência o professor trabalhou as propriedades elétricas e magnéticas da matéria (Tema 2 - Campos e forças eletromagnéticas), interação por meio de campos e então realizou a segunda atividade, como uma estratégia para que os alunos aplicassem cada um desses conceitos numa situação que exigisse que imaginassem a estrutura da matéria. Ao final do 2º bimestre propôs que os alunos desenvolvessem os roteiros propostos na terceira atividade.

D) Escola Estadual Prof. José Silva Jr., localizada no bairro Jd. Bandeiras, em Jundiaí, funciona nos três períodos e atende cerca de 850 alunos de Ensino Fundamental II e Médio. A professora atua há 03 anos como docente na rede pública, desde a conclusão de sua Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo.

O grupo de estudantes era composto por uma turma do período diurno e outras duas turmas do período noturno, com cerca de 30 alunos em cada sala. Infelizmente o cronograma de aplicação das atividades foi prejudicado pela saída da professora da

escola para assumir a função de professora coordenadora da oficina pedagógica da Diretoria de Ensino da sua região, por isso a primeira e a segunda atividades tiveram de ser realizadas sem muito planejamento e como tarefa extra-classe, além disso não houve tempo para aplicar a terceira atividade.

Organizamos na **Tabela 03** a seguir as atividades que foram desenvolvidas em cada uma das escolas, quantas turmas participaram e o total de alunos.

Tabela 03 - Atividades desenvolvidas e quantidade de turmas e alunos participantes.

Escola / Professor	Atividade desenvolvida	Turmas	Total de alunos
A	1	1	28
	2	1	24
B	1	5	151
	2	1	24
C	1	1	37
	2	1	37
	3 - Parte 1	1	32
	3 - Parte 2	1	33
D	1	3	49
	2	3	50

Este grupo de profissionais é constituído de experientes professores de Física do Ensino Médio. É diferenciado por estar perto tanto das questões pertinentes ao ambiente escolar quanto das que emergem do ambiente de pesquisa. Consideramos importante destacar que atividades envolvendo leitura, interpretação de texto e escrita não são frequentes nas aulas desses professores, mas mesmo assim sentiram-se à vontade para avaliar a possibilidade de implementação das atividades e contribuir para nossa pesquisa.

No próximo capítulo, mostramos como os problemas de pesquisa anunciados foram resolvidos através das estratégias metodológicas escolhidas. Apresentamos as narrativas produzidas pelos alunos, explicitamos as escolhas feitas para a construção dos dados de pesquisa e os analisamos à luz dos componentes estruturais das narrativas e

das relações estabelecidas pelos alunos para apresentar as entidades envolvidas, o que elas podem fazer e o que pode ser feito delas.

CAPÍTULO IV - Análise de conteúdo

“As pessoas me dizem “você está procurando as últimas leis da Física?” ... Não, não estou. Estou apenas querendo saber mais sobre o mundo. (...) Meu interesse na Ciência é simplesmente saber mais sobre o mundo, e quanto mais eu descobro, melhor é.”

(Richard Feynman)

A análise de conteúdo, segundo Bardin (2000), se constituiu de três partes. São elas: (i) a pré-análise, (ii) a exploração do material e o tratamento dos resultados e (iii) a inferência e interpretação.

A etapa inicial consiste na organização e sistematização das ideias após a definição da metodologia e desenvolvimento das atividades, por retomarmos as definições dos elementos narrativos e fazermos uma primeira leitura dos textos produzidos pelos alunos. A pré-análise “corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, em um plano de análise” (Bardin 2000). Esse plano de análise que envolveu uma categorização, e que apresentaremos nesse capítulo, constitui a segunda etapa da análise de conteúdo.

Na segunda etapa, o pesquisador escolhe e organiza os dados que pretende analisar. No caso desta pesquisa são produções escritas dos alunos. Neste momento, apresentamos uma exploração do material e tratamento dos resultados com objetivo de propiciar uma discussão preliminar, que envolveu a leitura de todos os textos dos alunos e uma diferenciação e agrupamento inicial que será indicado adiante. Trata-se de um processo inicial de transformação dos “dados brutos” em uma real representação do conteúdo (Bardin 2000).

Por fim, partimos para a inferência e interpretação dos dados selecionados a partir dos referenciais teóricos apresentados anteriormente, com principal destaque para a relação entre os modelos e as explicações.

4.1 Exploração do material e tratamento dos dados

4.1.1 Atividade 01 - Entrevista com um elétron

4.1.1.1 Questão 01

Esta primeira atividade apresenta uma narrativa que envolve um diálogo imaginário entre um menino e o elétron (Anexo 01). Durante este diálogo o elétron se apresenta como uma partícula elementar e conta ao menino alguns fenômenos que são resultados do comportamento das cargas elétricas presentes na matéria. Entre eles:

- “Os estalos ao tirar uma malha de lã no inverno e ao aproximar os pêlos do braço da tela de uma televisão ligada há algum tempo”;
- “Choques levados em chuveiros mal isolados e ao tocar em alguém ou alguma coisa num dia seco quando estamos com sapatos com solado de borracha”;
- “A formação dos raios em dias de chuva, os papéis ou cabelo atraídos por um canudo ou pente antes atritado”;
- “A reflexão de um raio de luz num espelho ou material polido”;
- “As mudanças de estado físico”;
- “A estrutura dos materiais”;
- “A imagem que aparece nas telas de televisão e computadores”.

Durante o diálogo, alguns destes fenômenos são explicados por meio de experimentos simples, outros, por outro lado, são somente citados.

Após a leitura desta narrativa, pede-se que os alunos listem pelo menos oito fenômenos do dia a dia que são baseados nas propriedades dos elétrons. Ao lermos as respostas dos alunos das escolas A, B, C e D, percebemos que alguns alunos limitaram-se aos fenômenos apresentados no texto “Entrevista com o elétron” e não listaram fenômenos, mas, sim, coisas. Por exemplo: televisão, computador, carro, carga elétrica, chuveiro, espelho, plástico, metal polido, lâmpada, tomada, geladeira etc. Verificamos, todavia, que a maioria dos alunos das escolas A, C e D extrapolou esses exemplos conforme apresentaremos a seguir.

Na **Escola A**, a maioria dos fenômenos listados pelos alunos que extrapolam os apresentados no texto lido por eles refere-se à eletrização e foram identificados pelo

professor como pertencentes a explicações e exemplos das aulas anteriores sobre os conceitos de carga elétrica e eletrização. Como exemplo de frases²⁰ podemos citar:

- Canudo atritado se torna como um ímã e empurra outro canudo quando aproximado”;
- “Cabelo que gruda na tela da televisão depois que esta é desligada;
- atrito entre corpos”;
- “Quando vamos grudar o durex no papel alumínio e antes mesmo de encostar para grudar o durex o papel alumínio é atraído”;
- “Quando utilizamos a pilha para dar funcionamento a alguns aparelhos como controles remotos”;
- “Quando está frio e vamos abrir a porta do carro e ao encostarmos na maçaneta somos alvo de uma leve descarga elétrica”;
- “No atrito para acender um isqueiro”;
- “Faíscas entre duas pedras atritadas”;
- “Choque que uma pessoa sente ao tocar no interruptor com os pés descalços ou molhados”;
- “Esfregar uma bexiga no cabelo e observar que ao afastar a bexiga alguns fios do cabelo ficam grudados”;
- “Atritar uma régua, aproximar de um filete de água e observar que o filete é atraído”;
- “Nos cabos que conduzem eletricidade”;
- “Quando ligamos algo na tomada, ouvimos um estalo ou vemos uma faísca”;
- “Quando tocamos numa pessoa, ela descarrega elétrons e sentimos um choque”;
- “Atração de materiais diversos com cargas opostas, nos quais constituem um certo tipo de ligamento após de um dos corpos for atritado”;
- “Quando estamos descalços e tocamos no freezer, tomamos um pequeno choque”.

²⁰ Em toda a dissertação as transcrições reproduzem o que o aluno escreveu, pontuação, parágrafos, erros gramaticais. Somente erros ortográficos foram corrigidos.

Como podemos observar acima, a maioria dos alunos da Escola A apresentaram exemplos de experiências que envolvem eletrização e que, segundo o professor, foram desenvolvidas em sala de aula. No entanto, houveram outros fenômenos que identificamos como pertencentes à experiência cotidiana dos alunos da Escola A e que não se tratam de meras ampliações dos fenômenos apresentados anteriormente pelo professor. São eles:

- “Água fervendo por ser colocada no fogo”;
- “Mãos aquecidas por serem atritadas uma contra a outra”;
- “Quando testamos uma caixa de som com uma pilha (colocamos os fios da caixa e cada lado da pilha e sabemos se a caixa funciona)”;
- “Quando uma goteira atinge a luz, faz com que ela pare de funcionar”;
- “Ao aproximar um celular tocando de um computador”;
- “Quando colocamos algo de metal dentro do microondas escutamos estalos”;
- “Ao tirarmos uma forminha de gelo da geladeira e colocar ela debaixo de uma torneira, ao entrar em contato com a água acontecerá estalos”.

Na **Escola B**, a professora informou que seus alunos nunca haviam realizado uma atividade de ensino de física envolvendo leitura e interpretação de texto e estavam acostumados só a exercícios exemplares que envolvem respostas obtidas da aplicação/combinção de definições, leis, princípios e métodos matemáticos. Talvez por isso havia uma preocupação em ater-se à resposta que imaginavam ser esperada, resultando numa maioria de respostas que listam coisas e/ou limitam-se aos fenômenos do texto.

Já na **Escola C** muitos dos fenômenos listados pelos alunos apresentaram similaridades com os do texto. Muitos exemplos surgem a partir do atrito entre objetos, de faíscas, de situações em que sentem o choque, da atração e repulsão entre objetos, da troca de calor que resulta em mudança de estado físico. Assim como o professor da Escola A, o professor da Escola C identificou tais fenômenos listados por seus alunos relacionados aos estudos de eletricidade desenvolvidos antes da atividade e as aulas do Ensino Técnico. Selecionamos alguns deles na lista abaixo:

- “Funcionamento de um alto falante”;
- “Por manter os corpos unidos os tornando mais resistentes”;
- “Quando imantamos uma agulha”;
- “Ao tentarmos aproximar um ímã de outro”;
- “Armazenamento de energia em pilhas e baterias”;
- “Faísca para ligar acender o fogo do fogão elétrico”;
- “A bomba atômica e a energia nuclear em geral”;
- “Energia criada através dos movimentos”;
- “Bola de papel ficar grudada em você sem nenhum elemento que grude como durex ou cola”;
- “Funcionamento de eletrodomésticos”;
- “Atração da matéria, sem os elétrons os objetos iriam se desmanchar”;
- “Chuveiro elétrico sem a eletricidade a água não ia esquentar”;
- “Funcionamento dos semáforos da rua”;
- “Tirar uma foto da imagem da televisão - interferência das cargas”;
- “Contato intenso com um material eletrizado”;
- “Descer um escorregador de plástico”;
- “Necessidade de aterramento”;
- “Ionização”;
- “Gerador de Van der Graaff”;
- “Curto circuito”;
- “Os fios elétricos são de cobre, pois as cargas passam facilmente por ele”;
- “Os caminhões usam uma corrente encostada no chão para servir de terra, pois os caminhões não guardam essas cargas”;
- “As cargas permitem que os materiais sejam mais consistentes”.

Ainda na Escola C houve alguns fenômenos listados que identificamos como pertencentes à experiência cotidiana dos alunos e que não se tratam de meras ampliações dos fenômenos apresentados anteriormente pelo professor. São eles:

- “Quando tomamos sol na praia”;
- “Quando congelamos ou aquecemos a água”;

- “Calculadora de base solar de energia”;
- “As sinapses dos neurônios”;
- “Usar a lupa em um dia de sol que ele queimará os objetos frágeis”;
- “Impacto de um soco em uma luta”;
- “Som de musicas”;
- “Calor no metrô de manhã”;
- “Esquentar a comida no microondas”.

É interessante notar que muitos dos fenômenos listados apresentam efeitos que remetem a: i) trocas de calor (“quando aquecemos a água”, “tomamos sol na praia”, “calor no metrô de manhã”), ii) situações cotidianas variadas (“ao desembulhar uma geladeira nova e levar um choque”, “a estática da roupa ao sair da máquina de lavar”) e iii) conceitos que provavelmente estudaram em outros momentos (“as sinapses dos neurônios”, “ionização”, “a bomba atômica e a energia nuclear em geral”).

Na **Escola D**, muitos alunos também citam fenômenos relacionados às aulas anteriores, como o eletroscópio de folhas, o funcionamento da distribuição de tinta da impressora, a força que faz a eletrosfera manter-se unida ao núcleo etc. É interessante notar que, apesar da maioria dos alunos da Escola D não extrapolar os fenômenos apresentados no texto, os que o fizeram trouxeram exemplos de seu trabalho:

- “Quando vemos as crianças brincarem em brinquedo de plásticos, o cabelo delas, se observarmos, ficam levantados, alguns fios arrepiados”;
- “Quando eu trabalhava no Mc Donald’s, percebia, quando pegava os copos de isopor e passava no braço, via meus pêlos se arrepiarem também”;
- “Em meu dia a dia, tem muitas situações de que o elétron toma parte como, por exemplo, na empresa onde trabalho, no processo de pintura de algumas peças metálicas. Nesse processo a peça é eletrizada com carga negativa (elétron) e logo recebe tintura com carga positiva (próton), para que haja melhor qualidade no produto final, deixando o produto com pintura uniforme”.

4.1.1.2 Questão 02

A segunda questão desta atividade convida os alunos a imaginarem um dia em que os elétrons das coisas ao nosso redor estão em 'greve' e não produzem os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. O **propósito** desta narrativa é que os alunos reflitam e entendam o mundo natural a partir do desaparecimento de uma entidade, o elétron.

Como esta foi a primeira vez que estes alunos foram convidados a imaginar e produzir um texto em uma aula de física, nossa primeira leitura procurou organizar esses textos em três categorias, segundo a estrutura da narrativa:

- i) Narrativas genuínas,
- ii) Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática e
- iii) Textos que não constituem narrativas.

A seguir, vamos explicar esta categorização e apresentar exemplos visando a esclarecer a organização inicial dos dados.

- i) Narrativas genuínas

Uma narrativa genuína é aquela que comunica entendimento da Ciência e contribui para a construção de explicações científicas. Segundo Avraamidou e Osborne (2009), ela apresenta em sua estrutura os sete elementos resumidos na **Tabela 02**²¹. São eles: propósito, eventos, estrutura, tempo, agentes, narrador e leitor.

No entanto, durante o processo inicial de tratamento dos dados, entendemos como uma **narrativa genuína** aquela que nos permite reconhecer quatro destas características narrativas: **propósito**, **evento**, a **estrutura** e o **leitor**.

O propósito que esperávamos identificar nos textos foi pré-determinado pela proposta da atividade, enquanto o evento e a estrutura partiram da necessidade de que nós enquanto leitores, interpretássemos ou reconhecêssemos o texto produzido pelos alunos como sendo uma narrativa. Isto não ocorreu porque nenhum dos alunos produziu um texto que denota uma cadeia ou sequência de eventos ligados uns aos outros e uma

²¹ Apresentada e explicitada no Capítulo 02, página 52 desta dissertação.

estrutura identificável (início, meio e fim) de eventos relacionados temporalmente. Uma produção que se aproxima do que esperávamos foi produzido pelo aluno 21 da Escola A.

“Você acordaria normalmente, faria sua higiene pessoal, iria tomar banho e perceberia que o chuveiro está frio. Então tentaria descobrir o que aconteceu, iria à caixa de força e perceberia que nada está funcionando. As luzes não estão acendendo, a televisão não liga, o computador não funciona. Então você se arruma com o que dá e vai até o seu carro, porém ele não pega também, mas nem tenta arrumar porque o portão da garagem não abre nem manualmente nem com o controle. Então você decide ir de ônibus, mas hoje não estão passando ônibus, na verdade não há veículos na rua.

Você acaba indo andando, decide passar numa loja para comprar água gelada, porém você é informado de que os refrigeradores e geladeiras também não estão funcionando, igual os da sua casa.

Você continua o seu caminho até a escola e, estranho, você não ouve nenhum som de rádio, televisão e não vê luzes acesas também. Você imagina o que aconteceu, o que será que ouve, talvez tenha sido um apagão. Então finalmente chega à escola, mas não tem como haver aula, pois, por alguma razão irreconhecível não tem energia.

E você percebe que não há como descobrir o que está acontecendo, não há meio de receber informações também, pois nada funciona, os celulares nem ligam, e então começa a se desesperar. Como vão saber quando as coisas voltarão ao normal, como irão conservar os alimentos que precisam de refrigeração e banhos quentes também são impossíveis no momento, perderíamos diversas fontes de tecnologia”.

É interessante notar que o aluno coloca o leitor como agente de sua narrativa, que se desenvolve por mostrar que o mundo natural sem os elétrons não teria energia elétrica e, como consequência, a água do chuveiro seria fria, os equipamentos elétricos não funcionariam e não haveria luz elétrica. Interessante que, apesar do foco estar na energia elétrica, ao listar os fenômenos do dia a dia baseados nas propriedades do

elétron, este aluno incluiu as mudanças de estado físico e a reflexão em espelhos, mas não há referências às mudanças nestes provenientes da “greve do elétron”. Além disso, apesar de uma aparente sequência de eventos, a narrativa se perde e não há um fim.

Enquanto leitores em busca de “narrativas genuínas”, não consideramos a existência de agentes, ou seja, entidades causais e eventos experienciados, que não atuam de forma plausível com relação ao conhecimento científico, uma razão para sua exclusão neste processo inicial de transformação dos “dados brutos”. Apesar disso, não encontramos “narrativas genuínas” com agentes nomeados pelo narrador como entidades científicas e que não revelam significados e comportamentos científicos. Por exemplo, um personagem que fosse denominado elétron, mesmo que não apresentasse nenhuma das características e/ou propriedades do elétron como entidade científica e ainda sim fosse agente de uma narrativa, que pode ser considerada genuína. O que atribuímos ao contrato didático (Brousseau 1986) estabelecido e que refere-se a um conjunto de regras (explícitas e implícitas) que descrevem a relação entre o professor, o saber e o aluno. Por isso, aluno sabe que o propósito pré-determinado pela atividade tem fins didáticos e, mesmo frente a uma atividade que rompe com algumas das cláusulas do contrato, a narrativa parece indicar se o aluno adquiriu o conhecimento quando ele é capaz de utilizá-lo em outras situações didáticas.

Conforme mencionado, o contrato didático refere-se a um conjunto de regras (explícitas e implícitas) que vão sendo estabelecidas entre o professor e seus alunos nos primeiros dias de aula do ano. Essas “regras” embutem uma série de relações e definem modos de conduta, onde o professor deixa claro o que ele espera dos alunos e estes, por sua vez, se adaptam ou não a elas visando o sucesso naquela matéria.

ii) Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática

No caso do conjunto de relações estabelecidas explicitamente e/ou implicitamente entre o aluno e esta atividade, os resultados parecem indicar um conhecimento em vias de constituição devido a narrativas identificadas como “**parcialmente influenciadas pela perspectiva didática**”. Ou seja, textos que, a princípio, apresentam algum componente narrativo que se perde na tentativa de introduzir elementos que o aluno acredita serem esperados pelo professor. Neste caso, o propósito narrativo do aluno é relacionar os

conteúdos da aula à situação apresentada. Observemos a narrativa produzida pelo aluno 29 da Escola D:

“Como um filme fictício a realidade passaria por momentos de pura magia, onde apenas nós existiríamos num vazio enorme. Mas a Física explica que isso é possível porque somos feitos de átomos como tudo que nos rodeia.

A sensação e a imagem que teríamos se acordássemos e apenas nossos átomos existissem, seria como se estivéssemos flutuando, pois (nada) conteria átomos para formar o solo. Nada existiria além de nós mesmos, os objetos, o computador e, conseqüentemente, nem a cama que e(m que) teria acordado.

Tudo possui átomos e, se tem átomos, tem elétrons logicamente. Os fenômenos listados anteriormente não passariam apenas de palavras, pois a falta de átomos faria com que qualquer objeto, ser vivo ou matéria não fizesse parte do mundo.

A Física explica todos os acontecimentos que eu poderia passar se um dia os elétrons não existissem. Agora se perguntassem o porquê dos átomos se dispersarem no ar, eu diria que (é) a força de atração negativa que mantém o elétron e os prótons em atração, mas se os elétrons estão em ‘greve’ não haveria esse processo.

Com isso, nada poderia existir, o mundo seria um vazio enorme onde apenas eu mesma seria a única (pessoa) existente no planeta.”

Em alguns momentos identificamos a tentativa de produzir uma narrativa que se inicia no primeiro parágrafo e se perde quando o aluno sente a necessidade de explicar a constituição da matéria no terceiro parágrafo. Percebemos a persistência da perspectiva didática para explicar a relação entre a ‘greve’ do elétron e a inexistência de tudo, exceto pelo narrador que tem seus elétrons trabalhando.

iii) Textos que não constituem narrativas

Esta última categoria diz respeito a **textos que não podem ser reconhecidos como uma narrativa**. Estes textos se configuram como respostas formais, tal qual acontece em exercícios didáticos tradicionais, totalmente influenciados pela perspectiva didática. Também incluímos textos produzidos com menos de 10 linhas. Eles meramente fazem referência aos fenômenos listados na questão anterior e apenas afirmam que sem os elétrons estes fenômenos não ocorreriam. Como exemplo de texto que identificamos como totalmente comprometidos com a perspectiva didática selecionamos o produzido pelo aluno 6 da Escola C:

“Caso um dia eu acorde com os “elétrons em greve” e os do meu corpo e do corpo dos colegas continuem agindo normalmente, as coisas ao nosso redor iriam se desmanchar, ou seja, nada iria ficar junto. Além disso não seria possível obter luz, nem obter sons.

O fenômeno de que tudo se desmancharia se dá pelo fato de que a matéria é constituída pela força que existe entre os átomos das moléculas da matéria, já os fenômenos como rasgo de papéis, rompimento de correias, entre outros fenômenos da natureza desse tipo, são explicados pela força de atração entre os átomos.

Então, se um dia isso acontecesse, quase nada iria existir e o ‘mundo’ iria desmanchar”.

O aluno não apresenta nenhum elemento narrativo. Ele apresenta uma resposta à situação proposta por retomar os fenômenos que listou na questão anterior da atividade e apresentar uma explicação do tipo causa e efeito, onde tudo se desmancharia porque sem elétrons não existiriam átomos. Esse tipo de texto representa a maioria dos textos produzidos pelos alunos nesta atividade e as respostas focam a inexistência de eletricidade e a desestruturação da matéria. Interessante que alguns alunos estabeleceram relações com fenômenos térmicos e magnéticos, nos quais o corpo que tem elétrons passa a atrair os prótons e nêutrons que antes formavam os átomos dos elétrons em ‘greve’.

Sob estes critérios de categorização, apresentamos na **Tabela 04** uma síntese da produção dos alunos.

Tabela 04 - Categorização dos textos dos alunos na Atividade 01.

Categorias	Escola A	Escola C	Escola D	Total / Categoria
narrativas genuínas	0	0	0	0
narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	5	9	13	27
textos que não constituem narrativas	23	28	36	87
Total / Escola	28	37	49	114

Descartamos totalmente as produções dos alunos da Escola B. Algumas delas estavam em branco, muitas outras apresentavam erros conceituais relacionados a estrutura da matéria como, por exemplo, confusões ao identificarem o elétron, o próton e o nêutron. A maioria dos alunos não sabia o que é um fenômeno e descreveu situações, ‘coisas’ que ‘contêm’ elétrons. Uma consequência (positiva) destas produções foram as conversas posteriores entre a pesquisadora e a professora, que motivou-se a retomar a reestruturar o planejamento de suas aulas com objetivo de trabalhar com novos enfoques os conceitos envolvidos nessa atividade.

4.1.2 Atividade 02 - Elaboração de um *storyline*

A proposta da Atividade 02 começa com orientações para o seu desenvolvimento que incluem três exemplos de *storyline*, tal como a sinopse do filme “O Crepúsculo”:

“CREPÚSCULO: Isabela Swan vai morar com seu pai em uma nova cidade, depois que sua mãe decide casar-se novamente. No colégio, ela fica fascinada por Edward Cullen, um garoto que esconde um segredo obscuro, conhecido apenas por sua família. Eles se apaixonam, mas Edward sabe que quanto mais avançam no relacionamento, mas ele está colocando Bella e aqueles à sua volta em perigo. Quando ela descobre que Edward é, na verdade, um vampiro, ela age contra todas as expectativas e não tem medo da sede de sangue de seu grande amor, mesmo sabendo que ele pode matá-la a qualquer momento.”

A partir dos exemplos os alunos são convidados a observar sua estrutura comum, composta pela história central e os três tópicos mais importantes da trama que envolvem (i) apresentação, (ii) desenvolvimento e (iii) solução da situação na qual o núcleo de um átomo sumiu. O objetivo da atividade era incitar os alunos a pensar sobre a interação entre os corpos e observar como compreendem o modelo teórico sobre átomo no qual carga e campo são conceitos fundamentais.

Organizamos os textos produzidos segundo as mesmas categorias apresentadas e utilizadas para a Atividade 01, ou seja, procurando identificar (i) narrativas genuínas, (ii) narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática e (iii) textos que não constituem narrativas. O resultado apresentado na **Tabela 05** nos parece indicar que o enunciado oferecido aos alunos na atividade, que expõe claramente as intenções didáticas na organização da estrutura do *storyline* contribuiu para o número expressivo - quando comparado com a Atividade 01 - de “narrativas genuínas”.

Tabela 05 - Categorização dos *storylines* dos alunos na Atividade 02.

Categorias	Escola A	Escola C	Escola D	Total/ Categoria
Narrativas genuínas	12	23	30	65
Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	6	8	2	16
Textos que não constituem narrativas	6	6	18	30
Total / Escola	24	37	50	111

No entanto, também observamos nesta atividade que 30 dos textos produzidos pelos alunos não apresentam os elementos que compõem uma narrativa, nem a estrutura exemplificada na ficha da atividade. É interessante notar que esses textos constituem respostas totalmente influenciadas pela perspectiva didática similares às esperadas em *problemas-exemplares*²², presentes nos livros didáticos (Zylbersztajn 1998). Como, por exemplo, o aluno 04 da Escola D, que escreveu:

“A reação não será de imediato, levará milésimos de segundos, os elétrons escapariam, ficando perdidos por todo o espaço”.

²² Ou “problemas-tipo”. Definidos por Zylbersztajn a partir da obra de Thomas Kuhn.

O que nos leva a inferir que apesar do enunciado favorecer a elaboração de narrativas, a natureza interrogativa da atividade propicia que aos alunos que busquem respostas. Todos estes textos foram descartados.

Uma segunda leitura dos textos identificados como “narrativas genuínas” nos conduziu à necessidade de distinguir entre **narrativas comprometidas com a Ciência** e **narrativas não comprometidas com a Ciência**. Isto mostrou-se necessário porque encontramos muitos textos nos quais os atores não representam entidades da Ciência, mas sim personagens metafóricos com nomes de entes científicos, como no exemplo do aluno 35 da Escola A:

“Doutor Eletroscópio.

Um átomo está em seu estado normal, suas cargas estão neutras, todos os dias este átomo faz as mesmas coisas, tem uma rotina normal pois suas cargas estão alinhadas.

Mas, a partir de um tempo, este corpo começa a perceber que está mais fraco, não está mais com a energia que tinha antes para seguir suas rotinas e decide buscar alguém que deve entender o seu pequeno problema. Então ele vai até o consultório do senhor Eletroscópio que por sua vez, poderá diagnosticar o motivo de seu enfraquecimento.

Chegando lá, o Doutor Eletroscópio diz que é preciso fazer exames mais detalhados, o mesmo concorda, pois precisa voltar a ser o que era.

Ao fazer os exames percebe que o que ele tinha era falta de vitaminas em seu corpo, parecia que seu coração estava vazio (o núcleo) e, com isso, todos os seus órgãos principais (prótons e nêutrons) estavam fracos, pois não tinham mais o estímulo do seu coração, fazendo com que seus órgãos não se esforçassem para buscar vitaminas em seu corpo (cargas positivas ou negativas).

O médico indicou que ele tomasse vitaminas para o ajudar no fortalecimento de seu coração (o núcleo), pois assim ele conseguiria

restaurar as funções que haviam desaparecido em seu corpo, fazendo com que seus órgãos se fortalecessem e buscassem vitaminas (cargas) em seu corpo”.

O aluno procura construir um enredo no qual a situação pedida na atividade é contemplada (neste enredo o núcleo do átomo realmente sumiu). No entanto, durante o desenvolvimento do *storyline* o átomo passa a agir como um ser humano doente e o desaparecimento de seu núcleo não causa os efeitos que deveriam ser observados se este personagem átomo representasse uma entidade científica. Neste caso, apesar da estrutura do *storyline* ser construída pelo aluno, é nítido que ele não domina suficientemente as entidades científicas envolvidas, por isso estes também foram descartados e não contribuíram para nossa próxima etapa da análise do conteúdo. Mas, conforme organizamos na **Tabela 06**, houve produções de *storyline* comprometidas com a Ciência e que compõem a inferência e interpretação dos dados.

Tabela 06 - Categorização dos *storylines* dos alunos na Atividade 02 segundo seu compromisso epistemológico.

Compromissos epistemológicos	Escola A	Escola C	Escola D	Total / Categoria
Plenamente comprometida com a Ciência	5	9	25	39
Pouco ou nada comprometida com a Ciência	7	14	5	26
Total / Escola	12	23	30	65

4.1.3 Atividade 03 - Elaboração de um roteiro de animação e um *storyboard*

4.1.3.1 Parte 01 - Roteiro de uma animação

A terceira atividade envolve conceitos relativos à corrente elétrica, diferença de potencial e resistividade. Ela requer que o aluno aplique esses conceitos a uma situação imaginada, que tem por contexto a estrutura interna dos condutores elétricos (no caso, o cobre). A primeira etapa da atividade é individual e o aluno deveria escrever sobre o que

ocorre no interior de um fio desde o instante em que se aperta o interruptor até o instante em que a luz de uma lâmpada se acende.

O professor da Escola C desenvolveu em sala de aula esta atividade com seus alunos ao final do segundo bimestre. Ele tinha como objetivo encerrar os estudos da eletrodinâmica e do eletromagnetismo. Sendo assim, os alunos já tinham conhecimentos sobre os conceitos de corrente elétrica, resistência, tensão, carga elétrica, campo e eletrização, como também da Lei de Ohm e das propriedades elétricas e magnéticas da matéria.

A organização das produções textuais desta atividade envolveu as mesmas categorias utilizadas para seleção dos dados das atividades anteriores, ou seja, nossa primeira leitura procurou organizar esses textos segundo três categorias que procuraram identificar (i) narrativas genuínas, (ii) narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática e (iii) textos que não constituem narrativas. O resultado desta organização pode ser observado na **Tabela 07**.

Tabela 07 - Categorias de organização da Atividade 03 - Parte 01 e textos produzidos pelos alunos.

Categorias	Escola C
Narrativas genuínas	13
Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	18
Textos que não constituem narrativas	1
Total	32

A princípio, atribuímos a identificação de apenas um texto que não constitui uma narrativa ao fato desta ser a terceira atividade envolvendo produção textual de que estes alunos participaram, ou seja, aprenderam a escrever narrativas. No entanto, ao identificarmos na **Tabela 08** os alunos da Escola C que desenvolveram as três atividades e produziram uma narrativa genuína ou parcialmente influenciada pela perspectiva didática, podemos organizar os alunos em grupos, segundo a qualidade narrativa de sua produção:

Grupo A) Alunos 03, 07, 10, 24 e 37 - escreveram três narrativas, ora “narrativas genuínas”, ora “parcialmente influenciadas pela perspectiva didática” (i e ii, segundo as categorias acima);

Grupo B) Alunos 14 e 23 (dois alunos) - não escreveram uma narrativa na Atividade 01, escreveram uma narrativa parcialmente influenciada pela perspectiva didática na Atividade 02 e uma narrativa genuína na Atividade 03;

Grupo C) Alunos 02, 09, 11, 12, 25 e 29 (seis alunos) - apesar de não terem produzido uma narrativa na Atividade 01, produziram “narrativas genuínas” nas Atividade 02 e 03;

Grupo D) Alunos 05, 06, 13, 15, 20, 21, 31, 32 e 33 (nove alunos) - não produziram uma narrativa na Atividade 01, produziram uma narrativa genuína na Atividade 02 e uma narrativa parcialmente influenciada pela perspectiva didática na Atividade 03;

Grupo E) Alunos 01, 04, 17, 35 (quatro alunos) - somente produziram narrativas na Atividade 02;

Grupo F) Aluno 36 (um aluno) - produziu uma única narrativa na Atividade 03.

Tabela 08 - Alunos da Escola C²³ identificados por atividade e categoria de seleção.

Atividades / Categorias	Alunos da Escola C	Total
01 - Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	03, 06, 07, 08, 10, 21, 24, 26, 37	9
02 - Narrativas genuínas	01, 02, 03, 04, 05, 06, 09, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 20, 21, 24, 25, 29, 31, 32, 33, 35, 37	23
02 - Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	07, 08, 14, 19, 22, 23, 27, 34	8
03 - Narrativas genuínas	02, 03, 07, 09, 10, 11, 12, 14, 23, 25, 26, 29, 36	13
03 - Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	05, 06, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 24, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 37	18

²³ Somente os alunos da Escola C participaram desta etapa da análise porque esta foi a única escola na qual as três atividades foram desenvolvidas.

Se tomarmos como verdadeira nossa especulação inicial (de que os alunos aprenderam a escrever narrativas), o Grupo A indica que ,dentre os alunos da Escola C, somente cinco deles sabiam escrever uma narrativa. Além disso, o Grupo B indica que dois destes alunos aprenderam com o passar das atividades e, portanto, passaram de um texto que não se constitui uma narrativa para um texto que pode ser considerado uma narrativa genuína. O Grupo F indica que um desses alunos aprendeu somente na última atividade. No entanto, as observações subsequentes nos levam a descartar a ideia de que a existência de apenas um texto que não constitui uma narrativa na Atividade 03 é decorre diretamente das produções textuais desenvolvidas nas Atividades 01 e 02.

Os quinze alunos listados nos grupos C e D nos conduziram a relacionar o aumento da produção de narrativas consideradas genuínas ao gerenciamento, por parte dos alunos, da cláusula do contrato didático na qual está inscrita a intenção didática destas atividades. Lembrando que, segundo Brousseau (1986), as situações didáticas servem para ensinar e em seu interior o contrato didático se estabelece. Aparentemente, a inserção de atividades que envolvem a escrita narrativa atribuiu aos alunos a responsabilidade de gerir uma nova cláusula para prestar contas ao professor. Conforme coloca Jonnaert (1996), o conhecimento do aluno se desenvolve através de uma série de interações adaptativas com as estratégias criadas e organizadas para ele, pelo professor.

Sendo assim, atribuímos a existência de apenas um texto que não constitui uma narrativa ao fato desta ser a terceira atividade envolvendo produção textual de que estes alunos participam. Ou seja, já receberam o *feedback* do professor com relação às atividades anteriores, têm maior clareza quanto às características desta atividade e aprenderam a fazer narrativas (que exprimem explicações sobre as entidades da ciência) ao mesmo tempo que aprenderam a gerenciar esta nova cláusula do contrato didático.

Identificar os alunos como o fizemos na **Tabela 08** e os Grupos D e E nos trouxeram importantes informações sobre a Atividade 02. Conforme inferimos na seção anterior, a existência de um enunciado que expõe claramente as intenções didáticas contribuiu para a existência de um número significativo de “narrativas genuínas”. O que fica evidente quando percebemos que os treze alunos indicados nestas observações somente escreveram narrativas consideradas genuínas na Atividade 02 e que dentre

estes, somente cinco (alunos 04, 05, 15, 20 e 32) produziram narrativas consideradas comprometidas com a Ciência.

Consideramos importante frisar que as inferências feitas a partir da organização e das observações provenientes da **Tabela 08** não foram investigadas profundamente porque nosso interesse envolve observar a habilidade dos alunos em produzirem narrativas com entidades da Ciência. Mas não envolve investigar o processo de ensino-aprendizagem desta capacidade. No entanto, apresentou indícios de momentos importantes do processo de produção de narrativas usando entidades científicas que serviram de respaldo didático.

Voltando à organização inicial dos textos produzidos na Atividade 03 e apresentados na **Tabela 07**, damos continuidade ao tratamento dos dados. Vamos retornar às narrativas procurando observar o tipo de comprometimento das “narrativas genuínas” e das “parcialmente influenciadas pela perspectiva didática” com o conhecimento científico. Ao observarmos a **Tabela 09**, consideramos importante destacar que as “narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática” apresentam maior comprometimento com a Ciência. Isto pode ser motivado pelo fato dessas narrativas não atribuírem às entidades científicas características que as personifiquem ou por não se arriscarem no desenvolvimento de metáforas ou analogias que comprometam o cenário e as ações permitidas às entidades científicas nelas presentes.

Tabela 09 - Compromissos epistemológicos dos textos produzidos pelos alunos segundo as categorias de organização da Atividade 03 - Parte 01.

Compromissos epistemológicos	Narrativas genuínas	Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática
Plenamente comprometida com a Ciência	5	10
Pouco ou nada comprometida com a Ciência	8	8
Total	13	18

4.1.3.2 Parte 02 - Storyboard

A segunda etapa foi desenvolvida em grupo e, além de confrontar o texto da primeira etapa com o dos colegas, o aluno teria de selecionar uma das narrativas produzidas pelos membros do grupo, criar e representar uma sucessão de cenas que exigisse expor detalhes do que ocorria no interior do fio.

Nosso primeiro olhar para os *storyboards* produzidos pelos nove grupos (sete desses com quatro componentes, um trio e uma dupla) procurou identificar em quais grupos haviam alunos que produziram, na primeira parte da atividade, “narrativas genuínas” e “parcialmente influenciadas pela perspectiva didática”, ambas comprometidas com a Ciência. Com este objetivo, apresentamos na **Tabela 10** os alunos que produziram as narrativas elencadas na **Tabela 09** nesses grupos formados.

Tabela 10 - Identificação dos alunos segundo as categorias de tratamento dos dados da primeira etapa da atividade e do grupo que participou na segunda etapa.

Categorias	Aluno	Grupo
Narrativas genuínas comprometidas com a Ciência	2	1
	7	2
	25	6
	26	6
	29	-
Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	6	4
	15	4
	16	3
	18	-
	19	-
	20	6
	24	7
	27	8
	28	8
	30	8

Durante toda a etapa de exploração do material e tratamento dos dados, tomamos o cuidado de identificar cada um dos alunos, de cada uma das escolas, com um mesmo número para as três atividades. A terceira atividade apresenta duas etapas extensas, a primeira individual e a segunda coletiva, e foi desenvolvida pela Escola C em aulas/dias diferentes. Por isso, temos alguns alunos que participaram do desenvolvimento da primeira etapa, mas não participaram da segunda e vice-versa. Como, por exemplo, os alunos 18, 19 e 29 indicados na coluna “Grupo” da Tabela 10 com um traço (-), que, apesar de terem desenvolvido o roteiro, não desenvolveram o *storyboard*. Sendo assim, os grupos foram constituídos de alunos que produziram as narrativas indicadas na Tabela 09 com alunos que não produziram narrativas comprometidas com a Ciência e/ou não participaram da segunda etapa da atividade.

O Grupo 01 era composto por dois alunos: o aluno 02 que participou da primeira etapa e produziu uma narrativa genuína e comprometida com a Ciência; o aluno 04, que não participou da primeira etapa. No entanto, o *storyboard* produzido pela dupla não baseia-se na narrativa do aluno 02. Dentre as cinco cenas representadas, as quatro primeiras restringem-se a um personagem que entra numa sala, procura pelo interruptor, o aciona e questiona o que ocorre no interior do fio a partir deste instante. A cena final apresenta uma imagem similar à encontrada nos livros didáticos representando cargas elétricas alinhadas no interior de um fio e o sentido da corrente e ação relacionado a esta cena é descrito pela dupla da seguinte maneira:

“Quando liga[-se] o interruptor, uma força é criada e ela começa a botar em fila as cargas que estão presentes no fio. As cargas continuam em fila até chegarem à lâmpada”.

O Grupo 02 é composto por quatro alunos: os alunos 03 e 05 não elaboraram individualmente o roteiro da atividade; o aluno 07 elaborou uma narrativa comprometida com a ciência; o aluno 12, uma narrativa não comprometida com a ciência. É interessante notar que o *storyboard* também não apresenta relação com a narrativa produzida para o roteiro. Transcrevemos a seguir parte do roteiro elaborado pelo aluno 07. Trata-se de uma narrativa que envolve um menino curioso de seis anos e seu pai. Em momentos diferentes o menino pergunta ao pai como uma simples semente se torna uma planta e o que acontece para que uma lâmpada acenda com o simples toque no interruptor. O pai

adia a resposta às perguntas para pensar sobre as mesmas e elaborar uma resposta compreensível para seu filho, uma criança de seis anos. A resposta do pai envolve uma analogia entre as duas perguntas:

“Pegou o carro e levou [Nicolas] até a plantação de laranjeiras que tinham visto no dia anterior. Ao chegarem lá, seu pai o assegurou de que da mesma forma que a planta crescera, a luz aos poucos chegava à lâmpada. Então pegou uma pá, as sementes e um regador e fez Nicolas plantar. Durante o processo seu pai explicou.

- Filho, imagine que o fio seja como a terra cheia dessas sementes que aqui você plantou. Elas ficam desorganizadas, assim como ‘as sementes dentro do fio’, ao apertarmos o botão (do interruptor) nós damos ‘força’ para que elas fiquem juntas uma ao lado da outra, assim como essas laranjeiras ordenadas, como você pode ver. Essa força é a água que você depositou. Quando a semente (da laranjeira) bebe a água, fica forte e começa a crescer e a criar raízes e dividir sua água, uma para cada uma, pois gostam de se ajudar. Dentro do fio também. Porém, como no fio, há milhares de sementes a serem passadas de forma bem rápida.

Depois de passarem água uma para a outra, elas começam a crescer e a se tornar plantas. No fio elas não crescerão, elas vão passar toda sua água para apenas uma semente, que fica na lâmpada. Quando essa semente tiver bastante água irá crescer e ter frutos, assim como a luz que acende a lâmpada.

Como se todas as laranjeiras daqui não fossem grandes e sim sementes dentro da terra e, no final, lá no final do terreno, houvesse apenas uma laranjeira que crescesse e desse frutos.

Ao apertarmos o botão (do interruptor) nós tiramos a água da planta, tampamos a passagem de água, a planta fica sem água e desmaia. Quando apertamos de novo e abrimos a passagem de água ela volta a ficar em pé como a luz.

Nicolas entendeu dois conceitos que jamais esquecerá, desde então aprendeu sempre que quando uma dúvida viesse a sua cabeça poderia buscar seu princípio com outras coisas da vida”.

Podemos observar na narrativa do aluno 07 um propósito de explicar o mundo natural de forma inteligível a um menino de seis anos. Os eventos estão ligados e é possível identificar uma estrutura temporal (início, meio e fim). Interessante que as entidades causais que atuam na explicação do pai ao filho para o que ocorre no interior do fio quando aciona-se um interruptor em nenhum momento recebem os nomes científicos. No entanto, as ações destes personagens, uns sobre os outros, apresentam um comprometimento com a Ciência. A força que o aluno escreve entre aspas e que identificamos como sendo a força elétrica (ou o campo elétrico, numa perspectiva mais eletromagnética) é a água. As cargas elétricas que ficam enfileiradas no interior do fio e que passam a força elétrica uma para a outra até chegar à lâmpada são as sementes de laranja na terra.

Observe agora, as descrições e as explicações das cenas do *storyboard* criado pelo grupo.

“Cena 01 - Todo ano os elétrons se preparam para uma viagem em direção ao sol.

Arrumam as malas e se preparam para viajar.

Cena 02 - A viagem só podia ser feita por uma estrada, de ida e volta, onde só passava um carro de cada vez. No caminho os elétrons iam em direção ao sol, já a corrente voltava para a cidade.

Os elétrons estão indo em direção ao sol enquanto a corrente volta.

Cena 03 - A viagem é muito demorada, levando cerca de seis horas e para matar o tédio os elétrons colocam música muito alta, atraindo outros elétrons.

A música demonstrando o campo.

Cena 04 - Cada elétron que chega ao sol o torna cada vez mais radiante.

Elétrons chegando ao sol para recarregá-lo.

Cena 05 - Com a chegada dos elétrons, o sol ilumina cada vez mais a cidade.

Cidade finalmente iluminada”.

Nenhum dos elementos do roteiro do aluno 07 são identificados pelo *storyboard*. Uma nova analogia é criada pelo grupo e, sem os componentes de uma narrativa, as descrições e explicações das cenas apresentam personagens que, apesar de receberem os mesmos nomes de entidades da Ciência (elétron, campo, corrente), as ações de uns sobre os outros e no cenário do *storyboard*, perdem o comprometimento com a Ciência. Nos parece que frente a uma situação didática que envolve representação visual a perspectiva didática mostra-se atraente e permite a introdução de elementos que os alunos consideram esperados pelo professor. O mesmo parece ocorrer nos Grupos 03 e 04.

O Grupo 03 é composto pelos alunos 08, 11 e 16, sendo que na primeira etapa da atividade os alunos 08 e 11 escreveram narrativas não comprometidas com a Ciência e o aluno 16 escreveu uma narrativa parcialmente influenciada pela perspectiva didática e comprometida com a Ciência. A narrativa do aluno 16 foi escolhida pelo grupo para elaboração do *storyboard*, o que nos permite comparar a narrativa do roteiro com as representações do *storyboard*.

“Os elétrons estão em sua casa, o fio, em um sono profundo. Eles são (em) muitos, quase não cabem na casa. Dormem amontoados.

O interruptor é acionado. Todos acordam assustados. A tensão é liberada, criando um campo eletromagnético - que força os sonolentos elétrons a se ordenarem lado a lado.

Os primeiros da grande fila começam a receber energia, que fazem a transferência da mesma para o próximo - surgindo assim a corrente elétrica, que seria o fluxo de cargas.

Essa energia transferida pelos elétrons chega até a lâmpada fazendo com que ela acenda. A lâmpada receberá X Joules a cada 1 Coulomb que a atravessa.

Depois da energia passar pela lâmpada, ela continua circulando pelo circuito impedindo que os elétrons voltem a dormir.

<p>Título: N° da cena: 1</p> <p>(Texto / Audio) (Video / Imagens)</p> <p>(Explicações sobre a ação) Os elétrons já estão no fio, "dormindo"...</p>		<p>Título: N° da cena: 2</p> <p>(Texto / Audio) (Video / Imagens)</p> <p>(Explicações sobre a ação) Os elétrons são ordenados pelo campo e transferem energia de um para o outro.</p>	
<p>Título: N° da cena: 3</p> <p>(Texto / Audio) (Video / Imagens)</p> <p>(Explicações sobre a ação) Os elétrons são em muitos, e que faz com que a energia seja transferida muito rápido.</p>		<p>Título: N° da cena: 4</p> <p>(Texto / Audio) (Video / Imagens)</p> <p>(Explicações sobre a ação) A lâmpada finalmente acende, iluminando nossas vidas.</p> <p>FIM.</p> <p>WE ♥ ELETRICIDAD</p>	

Legenda 01 - Cenas do storyboard produzido pelo Grupo 03.

A narrativa escolhida pelo Grupo 03 para constituir as cenas do *storyboard* apresenta um apelo didático que facilita o desenvolvimento de representações. Isso se dá pela possibilidade de associá-la aos exemplos e imagens costumeiramente encontrados nos livros didáticos com intuito de favorecer as explicações científicas. É interessante notar que o aluno 16 demonstra em sua narrativa que conhece as entidades envolvidas na explicação científica da situação proposta pela atividade. No entanto, o único elemento externo que ele traz para a narrativa é o fio como sendo a casa dos elétrons e que estes estão dormindo antes de acionado o interruptor. Compromete esse elemento a explicação que poderia ser considerada adequada numa situação didática que, por exemplo,

envolvesse um problema exemplar. As representações visuais aliadas à narrativa mostram que os alunos deste grupo sabem reconhecer a intenção didática da atividade, porém ainda encaram o que ocorre no interior do fio como pura mágica.

O roteiro escolhido para o *storyboard* do Grupo 04 foi desenvolvido pelo aluno 6. Trata-se de uma narrativa onde o professor deles é o personagem que responde ao que acontece no interior do fio.

“Imagine que uma bomba é solta no meio de uma cidade. Essa bomba vai deslocar as pessoas por um raio muito grande e forçadamente. Quanto mais potente, mais forte será o deslocamento.

A mesma coisa acontece com o interruptor. Quando apertamos é liberada uma energia, que faz com que os elétrons se desloquem, formando a corrente elétrica e gerando o campo elétrico”.

Esta narrativa reproduz parte de um exemplo apresentado pelo professor durante as aulas e inferimos que influenciou a escolha desta narrativa para elaboração do *storyboard* do grupo. No entanto, a tentativa de representar a analogia se perde e as cenas restringem-se a um diálogo onde o personagem que faz a pergunta aceita a resposta e o desenho de um balão de imaginação contendo um fio com bolinhas e vetores é apresentado como suficiente, apesar do encerramento do diálogo restringir-se ao “camarada entende” e transmitir ao leitor a sensação de uma explicação insuficiente que deve ser aceita sem questionamento.

Os Grupos 06 e 07, composto pelos alunos 20, 24, 25 e 26, que escreveram “narrativas genuínas” e/ou “parcialmente influenciadas pela perspectiva didática” e comprometidas com a ciência, apresentam *storyboards* completamente diferentes e sem relação com a proposta, porém relacionados com o exemplo de *storyboard* que compõe o enunciado da segunda etapa da atividade.

4.2 Inferência e interpretação dos dados construídos

Nesta seção, apresentamos e analisamos uma amostra de cada conjunto de dados que organizamos e selecionamos na seção anterior. A **Tabela - 11** sintetiza o que

julgamos ser o material produzido pelos alunos com potencial para revelar a maneira como eles usaram os modelos da Ciência nas explicações que produziram e compreender como as entidades científicas - carga e campo - participaram das explicações. Também indicamos nesta tabela como estão organizados os anexos que contêm o conjunto de narrativas de acordo com a atividade, a escola e a categoria.

Tabela 11 - Síntese das produções a exploração do material e o tratamento dos resultados

	Escola A	Escola C	Escola D	Totais
Atividade 01 - Narrativas parcialmente influenciadas pela perspectiva didática	5	9	13	27
Anexos	7	9	12	-
Atividade 02 - Narrativas genuínas comprometidas com a Ciência	5	9	25	39
Anexos	8	10	13	-
Atividade 03 - Narrativas genuínas e comprometidas com a Ciência	-	5	-	5
Anexos	-	11	-	-

A inferência e a interpretação dos dados construídos começam pela necessidade de critérios de validação das explicações produzidas. Para isto, seguiremos buscando resposta para as seguintes perguntas:

Nas narrativas produzidas pelos alunos é possível identificar quem são os agentes? Quem são as entidades? Esses agentes, o que eles fazem e o que podem fazer com eles aparece?

4.2.1 Atividade 01

Nesta atividade os alunos eram convidados a imaginar e elaborar um narrativa sobre um dia no qual os elétrons dos objetos “estão em greve” e não mais produzem os efeitos que provocam os fenômenos pelos quais são responsáveis. No entanto, neste dia incomum, os átomos do corpo dos alunos continuam “agindo” normalmente.

4.2.1.1 Aluno XX da Escola A

Observe a narrativa “parcialmente influenciadas pela perspectiva didática” produzida pelo aluno XX da Escola A:

“O que poderia acontecer não, o que aconteceria. Não funcionaria nada, nem televisão, nem luz. A eletricidade não existe sem os elétrons e prótons. Aparelhos com bateria ou pilha também não funcionariam, o mundo iria acabar. Pois tudo ao nosso redor é à base ou funciona com ajuda dos elétrons. Carros não funcionariam, não haveria coisas sólidas, não teríamos água para beber pois a água precisa de elétrons para ter sua consistência, os espelhos não refletiriam mais, tudo não funcionaria, tudo que seria sólido não seria sólido, tudo que seria líquido não seria líquido. Nada teria consistência. O mundo seria um caos, todo mundo apavorado, uma histeria total. Todo mundo correndo como louco, nada estaria funcionando. Nem consigo imaginar como seria o mundo sem os elétrons funcionando, uma possibilidade impossível. Não sei se conseguiríamos viver sem os elétrons, tudo funciona com eles. Nossas vidas acabariam, sem comida, sem água, sem chuva, sem frio, sem nada, seria o juízo final, o fim dos tempos. Nossos corpos poderiam doar elétrons para as matérias ao redor? Se pudéssemos a gente ficaria sem elétrons, será que morreríamos? Não sei, mas não seria normal, não tem como explicar tudo que aconteceria em tudo isso de linha. Desculpa, professor, mas tive de improvisar algo para ocupar essas linhas. O senhor é muito rígido e os “elétrons em greve” seria uma catástrofe no planeta. Eu particularmente não conseguiria viver, não conseguiria mexer no celular nem no computador, de noite não conseguiríamos ver, não teria luz, nem TV, nem NET, o fim do mundo ao meu redor. O senhor lê mesmo todos os trabalhos? Ainda bem que vou ser engenheiro ao invés de professor. Resumindo, não funcionaria sem eles, são a base para tudo nesse planeta”.

A princípio o texto apresenta componentes narrativos nos quais o elétron é o *agente* responsável pelo funcionamento dos equipamentos elétrico-eletrônicos e pela estrutura sólida e líquida da matéria. No entanto, o aluno (*narrador*) perde a continuidade (*eventos*) da narrativa ao expor que o professor (*leitor*) requer demais do texto por apresentar tantas linhas para o que resume-se à “o mundo ‘não funcionaria sem eles, são a base para tudo nesse planeta’”. O *propósito* narrativo do aluno é claramente relacionar os conteúdos da aula à situação apresentada. Percebemos alguns destes elementos relacionados à estrutura da matéria e à reflexão da luz, elementos estes que são apresentados na “Entrevista com um elétron” (texto que compõe a ficha da atividade). No entanto, a grande ênfase atribuída ao funcionamento de equipamentos elétrico-eletrônicos, como a televisão e o celular, indicam que apesar do aluno reconhecer a presença dos elétrons na constituição da matéria, o vínculo com a eletricidade é o mais significativo para ele. O que fica claro quando questiona se morreríamos caso ficassemos sem elétrons em nosso corpo e ele responde “não sei”.

Nota-se a ausência de uma *estrutura* identificável (início, meio e fim) quando o aluno procura explicar como seria o mundo sem os elétrons. O texto é repetitivo e os *eventos* não contribuem para o desenvolvimento da história. Isto mostra que, apesar da entidade imaginável elétron ser apresentada como existente no mundo real, ela não constitui-se como construção mental devido a ausência de sentido e das recorrentes dúvidas do aluno quanto ao papel do elétron. Ao revelar o elétron como um personagem de seu texto, percebemos que seus comportamentos não são claros para o aluno. Como resultado, temos uma explicação que apesar de *apropriada* à questão e de caráter *extrínseco* (“Desculpa, professor, mas tive de improvisar algo para ocupar essas linhas. O senhor é muito rígido e os “elétrons em greve” seria uma catástrofe no planeta”) indica que o elétron ainda não se constitui enquanto uma entidade científica para o aluno.

4.2.1.2 Aluno 07 da Escola C

Observe a narrativa “parcialmente influenciada pela perspectiva didática” produzida pelo aluno 07 da Escola C:

“Sem os elétrons no dia a dia, todas as matérias físicas [que] formam os objetos, os materiais e substâncias não seriam compostos fixos,

pois, como disse o texto, a matéria é formada pelos átomos que são compostos por prótons, nêutrons e elétrons.

Sem os elétrons as moléculas seriam dispersas, alteradas, não fixas e não aglomeradas. Com a dispersão dos elétrons, os átomos estariam dispersos e não formariam matéria, não poderiam se unir para formar substâncias, dessa forma não formariam materiais concretos como um tijolo ou uma pedra.

Além disso, sem a formação de substâncias, sem os elétrons os materiais não poderiam realizar a troca de cargas entre qualquer tipo de material, pois se não tivesse se energizado positivamente um e outro negativamente não haveria atração de carga, sendo assim não haveria transferência delas, não haveria transferência de energia.

Sendo assim, os materiais, as substâncias e os compostos não poderiam nem produzir nem transmitir corrente elétrica, não haveria raios, luz, relâmpagos, induções de energia entre um material e outro. Sendo assim, sem elétrons não há indução, eletrização, forças de atração etc.. Não haveria campo magnético e força elétrica. Sem eletricidade não há luz, tecnologia, além de não haver formação de partículas sólidas”.

A narrativa cumpre o pedido pela atividade, ou seja, imaginar o que ocorreria num dia em que os elétrons estivessem em ‘greve’. Isso fica evidente na forma como os *agentes* da narrativa que dependem do elétron (átomos, substâncias, matéria, objetos) reagem com o acontecido: “moléculas seriam dispersas, alteradas, não fixas e não aglomeradas. Com a dispersão dos elétrons, os átomos estariam dispersos e não formariam matéria, não poderia se unir para formar substâncias, dessa forma não formariam materiais concretos como um tijolo ou uma pedra”.

Apesar de apresentar elementos do texto “Entrevista com um elétron”, ao se referir à estrutura atômica e à perda da dureza, o aluno não se limita a ele. Na sequência ele expõe o que foi estudado em aula - corrente elétrica, indução, eletrização, forças de atração, campo magnético e força elétrica - que ele atribui à existência dos elétrons.

Como personagem principal, o elétron é o *agente* responsável por todos os fatos narrados pelo aluno. No entanto, podemos perceber uma falta de continuidade de *eventos*. O aluno reconhece a presença do elétron na estrutura da matéria e diversos fenômenos e conceitos físicos que estudou, mas não consegue articulá-los e a narrativa evidencia isso por meio das repetições e quebras entre os parágrafos.

Apesar do texto nos permitir identificar o elétron como um entidade pertencente a diferentes modelos físicos, seu papel ainda não é bem definido e revela um personagem **sem restrições** em seu comportamento e que se constitui como parte de uma história onde os *eventos* não estão relacionados temporalmente. A ausência de um cenário também corrobora para essa confusão do papel do elétron. O aluno produziu uma narrativa que apresenta uma explicação que, apesar de *adequada* à questão proposta pela atividade, valoriza demasiadamente o que acredita ser esperado pelo professor e em sua estrutura evidencia também uma ausência de motivação pessoal. Provavelmente por isso a narrativa não envolve o mundo do aluno, o cenário é indefinido e o aluno (*narrador*) não é capaz de julgar em que medida pode intervir e modificar o rumo de sua história, que não tem fim.

4.2.1.3 Aluno 31A da Escola D

Observe a narrativa “parcialmente influenciada pela perspectiva didática” produzida pelo aluno 31A da Escola D:

“O que iria acontecer, provavelmente eu e meus colegas acordaríamos rodeados por tudo que precisa de um átomo e isso não seria legal porque estaríamos atraindo até os raios, porque os raios precisam de prótons e os prótons giram ao redor de um átomo.

Mas por uma parte seria bom, porque passar por essa experiência seria bem interessante, ver como os objetos estariam funcionando sem os prótons.

Imagine eu e meus colegas andando pela rua e atraindo todos os objetos que precisam de elétrons. Essa experiência seria única porque a nossa energia estaria passando para os objetos. Provavelmente ficar

cheia de papelzinho picado não seria agradável, e também andar com a nossa blusa de lã dando estalinhos não seria bom, mas como os elétrons estariam de greve e eles precisam de algo com energia acho que minha blusa ia explodir porque ia ter muitos elétrons ao nosso redor e eu não estaria vendo eles.

Como eles estão de greve, eu imagino que nêutrons e átomos estejam com suas cargas mudadas e com isso nós conseguiríamos fazer coisas que até hoje ninguém consegue, seria bem legal, atravessar a parede, fazer com que o sólido e o gasoso se misturem, passar pelo corpo de outra pessoa. Muitas coisas iam acontecer se os elétrons dos objetos estivessem de greve.

O nosso eletroscópio ia ficar acendendo e apagando sem parar quando nós chegássemos perto, eu acho que ele ia até queimar com tanta carga negativa e positiva que nós estaríamos liberando para o nosso eletroscópio. Essa experiência seria bem interessante”.

O texto atende ao *propósito* da atividade por mostrar uma intenção do *narrador* em entender o mundo real. Enquanto *narrador* e personagem da narrativa, o aluno deixa claro ao apresentar os *eventos* e como estes se conectam que os outros personagens, são os agentes responsáveis pelos *eventos*, ou seja, as entidades da Ciência, não são conhecidas por ele. Sua dificuldade com este conhecimento persiste durante a narrativa e confunde o *leitor* porque os comportamentos dos personagens da história revelam falta de significação. Por não obedecerem regras e não apresentarem restrições em suas ações, não constituem-se como entidades da Ciência.

No primeiro parágrafo, nota-se que, apesar do aluno saber que átomos, nêutrons, prótons e elétrons são *agentes* do cenário desta narrativa enquanto entidades que compõe sua explicação, estes não foram devidamente construídos. Sendo assim, temos prótons girando ao redor dos átomos e, na sequência, átomos precisando de elétrons e sendo atraídos pelos elétrons disponíveis no corpo do aluno e seus colegas. Ou seja, o modelo de estrutura da matéria não se constitui como um modelo mental do aluno e por isso as entidades não evidenciam-se como ferramentas de pensamento. Portanto, a

narrativa não se constitui em uma explicação de *qualidade* devido a falta de legitimidade quando comparada com o conhecimento científico.

Apesar do papel das entidades como personagens desta narrativa não obedecerem às restrições de comportamento impostas pelo *modelo* científico da qual participam como *objetos-modelo*, ao revelar essas entidades como personagens o aluno parece *atribuir* alguma *significação* a elas. Isso fica explícito quando imagina a possibilidade de seu corpo (no qual os elétrons ainda funcionam) atrair raios, atravessar a matéria antes sólida e influenciar o eletroscópio. Interessante notar que estes eventos são um diferencial que o aluno traz para o texto.

4.2.1.4 Aluno 11A da Escola D

Observe a narrativa “parcialmente influenciadas pela perspectiva didática” produzida pelo aluno 11A da Escola D:

“Provavelmente ao acordar sua cama e o chão ao seu redor iriam se despedaçar como isopor. Iríamos estar atrasados porque a bateria de nosso despertador não funcionou, nosso celular não estaria funcionando e não poderíamos conversar com os outros para saber o que estava acontecendo.

Tudo que envolve eletricidade de alguma forma estaria sem uso, os imãs cairiam da geladeira e, ao tentar fazer a experiência do canudo com os papéis, nada iria acontecer. Talvez tudo que fosse tocado com muita força provavelmente iria virar farelo, não haveria forma de esquentar o nosso leite de manhã, pois não haveria faísca e assim não haverá fogo.

Não poderíamos ligar nossas TVs, nem computadores. Quando tivéssemos que ir para a escola nenhuma lâmpada, farol, semáforo estariam funcionando, a escola estaria completamente escura.

Os hospitais teriam sérios problemas nas operações e com aparelhos das pessoas. O caminho dos bombeiros seria mais fácil, pois não haveria fogo”.

A explicação presente nesta narrativa pode ser considerada *apropriada* por apresentar uma resposta *adequada* à questão da atividade. Sua *relevância*, apesar de reunir aspectos *extrínsecos* devido ao contexto da pergunta (sala de aula) e do questionador (professor), apresenta aspectos *intrínsecos* porque o aluno explica sua compreensão da situação proposta em seus próprios termos. Isto fica evidente ao colocar-se como *agente* da narrativa e associar suas ações as entidades e eventos experienciados em um dia no qual os elétrons estão em ‘greve’.

A sequência de *eventos* começa com o aluno acordando atrasado devido ao não funcionamento do despertador e com a matéria ao seu redor se desfazendo devido a ausência de elétrons no interior do átomo e continua por constatar outras consequências da ‘greve’ dos elétrons. Apesar de um início e um meio com *eventos* relacionados temporalmente, a *estrutura* da narrativa é incompleta. O aluno, enquanto ator, não imagina nem experiencia um fim.

A narrativa apresenta uma construção mental na qual o elétron é uma entidade imaginável, existente no mundo real do aluno e responsável pela forma e funcionamento de diversas coisas de seu cotidiano. O aluno vai percebendo a ausência do elétron e inclui em seu relato a consequência dessa ‘greve’ também para a experiência que realizou em sala de aula.

“Tudo que envolve eletricidade de alguma forma estaria sem uso, os imãs cairiam da geladeira e, ao tentar fazer a experiência do canudo com os papéis, nada iria acontecer. Talvez tudo que fosse tocado com muita força provavelmente iria virar farelo, não haveria forma de esquentar o nosso leite de manhã, pois não haveria faísca e assim não haveria fogo”.

Esses *eventos* fazem sentido na narrativa e demonstram que o aluno tem conhecimento das entidades envolvidas e de seu papel na história, não somente na eletricidade, mas também no magnetismo e na estrutura da matéria.

4.2.2 Atividade 02

A proposta desta atividade era elaborar um *storyline* sobre a seguinte situação: “De repente o núcleo de um átomo some! O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons “sentirem” a ausência dos prótons e nêutrons?”

4.2.2.1 Aluno 11 da Escola A

Observe o *storyline* produzido pelo aluno 11 da Escola A:

“‘O Sumiço do núcleo’

O núcleo de um átomo sumiu. Desde então os elétrons vêm vivendo sem seus companheiros, os prótons e nêutrons.

Eles se conhecem e vivem juntos ainda bem antes dos cientistas comprovarem sua existência e construírem um modelo científico para representá-los.

Os elétrons perceberam que os fenômenos provocados por eles não estavam acontecendo mais, assim sentiram a falta deles e viram que a ausência de qualquer um faria a diferença quando algo fosse carregado através do atrito entre os materiais que possuem elétrons e prótons.

E os elétrons ficaram fracos e começaram a tomar um remédio que fez com que o núcleo voltasse”.

Neste texto, o aluno apresenta a situação do *storyline*, na qual o núcleo do átomo sumiu. Desenvolve a situação por escrever que desde então os elétrons estão vivendo sem os prótons e nêutrons que constituem o núcleo. Por sua vez, os apresenta como companheiros muito antes de participarem como *objetos-modelo* do *modelo teórico* de átomo construído pelos cientistas. Na sequência, apesar de não escrever explicitamente que os elétrons não percebem a ausência do núcleo instantaneamente, relaciona essa percepção à ausência dos fenômenos que estudou em sala de aula e que envolvem a eletrização por atrito. A solução da situação apresentada pelo aluno é ficcional e não apresenta comprometimento com a Ciência.

O *storyline* do aluno tem uma *estrutura* identificável (começo, meio e fim) e seu desenvolvimento relaciona os eventos temporalmente de modo que permite ao *leitor* identificá-lo como uma narrativa. No entanto, as entidades da Ciência, enquanto atores da situação desenvolvida, não atuam com o *propósito* de dar a entender o mundo natural. Quando testado a nível *extrínseco*, uma vez que se trata de uma narrativa que participa de uma educação científica, a explicação não é compatível com o grosso do conhecimento científico (*plausível*). Apesar de vinculada ao modelo atômico e à eletrização, seu final ficcional indica que o conceito de campo associado ao núcleo não é conhecido pelo aluno. O que pode ser percebido também pela ausência de uma explicação à pergunta “O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons “sentirem” a ausência dos prótons e nêutrons?” presente no enunciado da atividade.

Os aspectos contextuais dessa narrativa indicam que as entidades envolvidas ainda não se constituem como ferramentas de pensamento e por isso não fazem parte da explicação do aluno. Na narrativa os personagens (elétron e o núcleo do átomo) revelam comportamentos e restrições que permitem identificar uma explicação adequada à atividade e compatível com o conhecimento científico estudado pelo aluno. No entanto, a ausência de conhecimento sobre o campo, enquanto entidade científica e importante personagem desta história resulta numa explicação que não é *generalizável*.

4.2.2.2 Aluno 05 da Escola C

Observe o *storyline* produzido pelo aluno 05 da Escola C:

“‘O sumiço’.

Na cidade de Atomópolis, a população era constituída de elétrons (cidadãos) que andavam com seus automóveis em volta do governo (núcleo) que era formado por membros de um conselho que organizavam a cidade, os membros do conselho eram os prótons e os nêutrons. Os membros do conselho tinham paixões com vários cidadãos e todos viviam felizes (*com*) seus amados. Até que um dia todos os membros do conselho sumiram e, depois de certo tempo, os cidadãos começaram a perceber, e infelizes, começaram a procurar novas paixões, mas nunca dava certo, pois eles se repeliam. Com o

tempo, os elétrons começaram a deixar a cidade em busca de seus amados membros do conselho”.

Para apresentar a situação de seu *storyline*, o aluno criou uma analogia onde o átomo é a cidade de Atomópolis, os elétrons são os cidadãos da cidade que andam ao redor do núcleo que por sua vez, é o governo, formado pelos prótons e pelos nêutrons. A paixão entre os membros do conselho e os cidadãos representa a atração entre o núcleo e os elétrons num núcleo estável, ou seja, numa cidade onde todos vivem felizes.

Com o desenvolvimento da situação, os membros do conselho desaparecem misteriosamente. Isso é percebido por seus cidadãos depois algum tempo, ou seja, não é percebido instantaneamente. Solitários, os cidadãos tentam se relacionar, mas se repelem e acabam por abandonar Atomópolis em busca dos prótons e nêutrons.

Com o *propósito* de entender o modelo atômico e a relação dos objetos-modelo que compõem a teoria geral de estrutura da matéria, a narrativa produzida pelo aluno inventa novas entidades e constrói um cenário no qual uma sequência de *eventos* se desenrola a partir do sumiço inesperado do núcleo. Temos claramente que este é o evento responsável pelos fatos que compõem a narrativa. Prótons e nêutrons (membros do conselho) são os *agentes* responsáveis pelos fatos ocorridos e elétrons (cidadãos) são os protagonistas que sofrem as consequências que resulta no fim do átomo (cidade de Atomópolis).

A *estrutura* da narrativa e a forma como os eventos são articulados indicam que o aluno conhece as entidades da Ciência que participam como protagonistas de sua história, como ferramentas de pensamento de sua explicação. Consequentemente o aluno produziu uma narrativa que demonstra que as entidades envolvidas e seu papel na história atuam de forma a obedecer as regras impostas pelo modelo científico da qual participam. Ou seja, ao revelar os personagens, o aluno apresenta as restrições de comportamento que estas entidades devem ter. Como, por exemplo, a percepção de ausência dos membros do conselho não ser imediata e a não possibilidade de relação entre os cidadãos.

Podemos observar que a explicação que a narrativa deste aluno fornece para a situação proposta pela atividade pode ser considerada *apropriada*. É *adequada* à questão

e, além de sua relevância ser atestada a nível *extrínseco*, a analogia que constrói a explicação indica a necessidade *intrínseca* do aluno compreender o que ocorre quando o núcleo de um átomo some, em seus próprios termos.

Quando comparada com o corpo de conhecimento aceito pela comunidade científica, a explicação fornecida pela narrativa pode ser considerada *plausível*. No entanto, a ausência de uma explicação entre o instante em que o núcleo some e o instante em que os elétrons percebem sua ausência indica uma explicação não *generalizável* e *infrutífera*. Estas condições de avaliação da *qualidade* de uma explicação mostram que o modelo do aluno para o átomo não inclui o campo como entidade. Consequentemente não permitem entender o mundo natural, uma vez que seu modelo explicativo é incompleto.

4.2.2.3 Aluno 37 da Escola C

Observe o *storyline* produzido pelo aluno 37 da Escola C:

“Elétrons em: Eu sou a lenda’

Elétrons, prótons e nêutrons viviam normalmente no átomo, quando misteriosamente prótons e nêutrons somem de forma inesperada. O campo elétrico some com eles e os elétrons se dissipam, é uma caos para os elétrons, pois não podem ficar juntos. O mundo fica um caos e os elétrons precisam se virar para continuar suas funções. Mas os elétrons não conseguem trabalhar individualmente, pois os prótons e nêutrons eram o que deixavam juntos. Infelizmente eles não conseguem e é o fim do mundo”.

Provavelmente influenciado pela apresentação da atividade na qual se compara a estrutura de um *storyline* à sinopse de um filme, o aluno escolheu o filme “Eu sou a lenda” como inspiração para seu *storyline*. Trata-se de um filme de ficção científica no qual o Dr. Neville é um cientista militar e também a única pessoa que não foi contaminada por um vírus. Ele trabalha para criar uma cura enquanto vive solitário numa cidade habitada por mutantes, vítimas do vírus.

O aluno cria uma analogia entre o Dr. Neville e os elétrons, únicos num mundo sem prótons e nêutrons, consequentemente sem os átomos e o campo elétrico. A apresentação da situação começa pela normalidade do átomo sendo quebrada pelo desaparecimento misterioso dos prótons e nêutrons. Esta se desenvolve com o desaparecimento do campo elétrico associado aos elétrons. Como consequência à ausência do campo responsável pelas interações têm-se o caos. A solução desta situação, na qual o núcleo desaparece e leva consigo o campo a ele associado, é o fim do mundo. Os elétrons não conseguem trabalhar sem os prótons e os nêutrons.

O *propósito* da narrativa deixa clara a visão do aluno sobre o mundo natural sem a existência do átomo. Esta visão é coerente com a visão da Ciência. A sequência de *eventos* que o aluno narra apresenta um *estrutura* identificável e eles estão relacionados temporalmente. No entanto, não está claro como os elétrons, enquanto entidades da Ciência e personagens da narrativa, experienciam a ausência do campo. Ou seja, que uma onda carrega, na velocidade da luz, a informação de que o núcleo não está mais lá. Ao receber essa informação, o elétron que orbitava ao redor do núcleo sai pela tangente.

Os aspectos contextuais e o estilo da explicação construída pelo aluno denotam que as entidades imagináveis da Ciência (elétrons, prótons, nêutrons e campo) são existentes no mundo real e ao mesmo tempo constituem-se enquanto construções mentais. Sua explicação faz sentido porque conhece o papel que estas entidades desenvolvem na história. Por isso a explicação é *adequada* tanto do ponto de vista da pergunta quanto do ponto de vista da resposta, uma vez que o contexto de educação científica é um critério de exclusão. O que a torna também relevante por reunir as necessidades do questionador, tanto em um nível *extrínseco* quanto a nível *intrínseco*. Isto porque o aluno se mostra capaz de julgar em que medida pode interferir na forma de construção de sua explicação.

A *qualidade* da explicação do aluno coloca em cena seus conhecimentos sobre o modelo de estrutura da matéria e estes se mostram *plausíveis* com o conhecimento científico. Indicando que compreende e é capaz de usar este modelo científico e seus objetos modelo na produção de sua explicação.

4.2.2.4 Aluno 23B da Escola D

Observe o *storyline* produzido pelo aluno 23B da Escola D:

“Prótons, nêutrons e elétrons: o conjunto da matéria’.

De repente, toda matéria que existe começa a mudar, as paredes, as portas e tudo que é feito de um átomo não é mais um obstáculo, podemos passar por elas e não as sentimos mais. Nota-se que incrivelmente o núcleo de um átomo some.

Especialistas procuram entender o que se passa nesse fenômeno e percebem que, por um instante, os elétrons ao seu redor não percebem esse ocorrido. Explicando isso especialistas dizem que isso ocorre porque, ao sumir o núcleo, por algum instante os elétrons conseguem sentir ainda a presença dos prótons e nêutrons. Após um tempo com a ausência da carga positiva os elétrons saem da sua órbita e se espalham no ar.

Ao enfrentar essa situação, a maneira encontrada para que as coisas voltem ao normal é tentando aglomerar os elétrons para formar uma grande força negativa e atrair novamente os prótons e nêutrons e voltando à vida normal de todos.”

O texto é mal escrito e tem problemas entre as relações e os sentidos das palavras. Mas, ainda sim, permite-nos identificar a situação, seu desenvolvimento e solução. A situação é revelada a partir da mudança de estado físico da matéria. Como consequência do sumiço do núcleo do átomo, torna-se possível atravessar a matéria. Interessante que, com o desenvolvimento da situação, o aluno expõe que esta “matéria” se desfazendo é ainda perceptível porque os elétrons ainda sentem a presença dos prótons e nêutrons. No entanto, quando perceberem, sairão de sua órbita e se espalharão pelo ar.

A solução da situação proposta pelo aluno é também curiosa. Ao escrever “tentando aglomerar” o aluno dá a entender que sabe que os elétrons se repelem. Mesmo assim, imagina que, se os especialistas forem capazes de manter os elétrons juntos, estes poderão atrair os prótons e nêutrons.

É possível reconhecer o *storyline* como uma narrativa. A cadeia de *eventos* compõe uma *estrutura* identificável relacionada temporalmente. Há um narrador oculto, responsável por apresentar as primeiras evidências do desaparecimento do núcleo. Os personagens (*agentes*) principais são os prótons e nêutrons (responsáveis pela situação) e os elétrons (cujo comportamento é associado à existência dos prótons, nêutrons e campo). Apesar de não explicitado como personagem o campo também atua nesta narrativa. Ele é o responsável por transmitir aos elétrons a informação de que o núcleo sumiu. Somente quando esta informação chega aos elétrons que estes saem de sua órbita no átomo.

É possível identificar e analisar o papel destes personagens enquanto entidades científicas na compreensão da estrutura da explicação produzida por este aluno. Comparada ao modelo de estrutura da matéria e ao modelo atômico, a explicação do aluno identificada no *storyline* indica que ele atribui significado real às entidades envolvidas. Por isso, consegue apresentá-las como existentes no mundo real e imaginar o que ocorreria com a matéria caso algumas delas “sumissem” de sua construção mental.

O conhecimento do aluno sobre as entidades envolvidas nesta situação e seu papel na narrativa permitem que se revele uma explicação *relevante* sobre o que ocorreria com os elétrons do átomo caso seu núcleo sumisse. Reunindo, assim, necessidades do questionador e pessoais, por incluir em sua explicação causal uma solução em termos força de atração entre cargas de sentidos opostos.

4.2.3 Atividade 03

A proposta desta atividade envolve a criação individual do roteiro de uma animação. Os alunos são convidados a descrever o que imaginam ocorrer no interior de um fio a partir do instante em que o interruptor é pressionado até o instante em que a luz da lâmpada ascende.

4.2.3.1 Aluno 10 da Escola C

Observe o roteiro produzido pelo aluno 10 da Escola C:

“Os elétrons funcionam como num quartel, onde quando não tem serviço os soldados estão festejando, desordenadamente, farreando e dançando.

Quando o interruptor é pressionado, os soldados param de festejar e todos ficam alinhados.

Logo após entra o capitão e diz:

- Sentido!

E todos respondem:

- Sentido!

E o capitão continua:

- Hoje teremos uma missão rotineira, apenas acender a luz.

E nisso fala um dos soldados:

- Senhor, como iremos fazer isso sem o auxílio do Sargento Campos?

- Ele não está aí?

- Não senhor, acho que estamos sem energia, por isso ele não está aqui.

- Vou verificar, mas por enquanto, dispensados!

E por isso a luz não acendeu. Mais tarde naquele dia:

- Sentido! - disse o capitão.

- Sentido! - responde a tropa.

- Vamos fazer o serviço rotineiro.

Então disse o soldado:

- Mas senhor, o Sargento Campos está aí?

- Sim ele está, é só ligar o interruptor que ele chega.

Nesse momento, chega o Sargento Campos.

- Vamos lá capitão?

- Vamos, soldados, sentido! Preparar para missão!

E, nisso, os soldados viajaram pelo fio, com a ajuda do Sargento Campos e acenderam a lâmpada”.

Neste roteiro, o aluno conseguiu transcender a dificuldade de abstrair os conceitos de corrente, campo e força elétrica. A “visualização” mental do que ocorre no interior do fio exigiu que o aluno imaginasse uma estrutura atômica que não é observável empiricamente. Ele escolheu fazer isso utilizando de uma analogia. Na qual a teoria da eletricidade é exposta baseada na compreensão dos soldados de um exército e do movimento destes soldados a partir das ordens de seu capitão. Que, por sua vez, necessita do sargento para apresentar as ordens aos soldados.

É possível identificar e analisar o papel das entidades na compreensão da estrutura do roteiro produzido pelo aluno. O propósito - apresentar o que ocorre no interior do fio desde o instante em que se aperta o interruptor até o instante em que a luz acende - mostra como o aluno entende o mundo natural. A apresentação deste entendimento começa com a invenção de novas entidades. Os eventos e a forma como estão ligados indicam que o aluno construiu essas entidades e as transformou em ferramentas de pensamento para comporem o roteiro (a explicação) requisitado. Desta forma, o resultado é uma explicação adequada que atende as exigências da pergunta, do questionador e do próprio estudante. O que a torna adequada tanto a nível extrínseco quanto a nível intrínseco, por extrapolar as situações do contexto didático.

A estrutura onde os eventos estão relacionados obedece a regras compatíveis com os significados atribuídos aos personagens pelo cenário escolhido. Deixando transparecer que sua atuação é imbuída de significação mesmo quando revela-se as entidades científicas que representam. Os atores - soldados, capitão e sargento - são entidades humanas que podem ser reconhecidas, respectivamente, pelo leitor como sendo os elétrons, a força elétrica e o campo elétrico. Ou seja, há um desprendimento do mundo físico abstrato que costuma compor as explicações didáticas.

Os soldados enquanto entidades causais, ao representarem as entidades da Ciência, são inicialmente apresentadas como elétrons livres desordenados. A organização destes para constituir a corrente elétrica depende da força elétrica, da energia elétrica que surge quando se aciona o interruptor e da criação do campo elétrico. Ou seja, depende do surgimento do Sargento Campos e das ordens do Capitão.

Pensar nos elementos que constituem o roteiro do aluno favorece a ideia de que estes resultam numa explicação de qualidade quando comparada ao conhecimento científico. Os elementos narrativos identificados permitem-nos conhecer como o aluno incorporou os conceitos científicos. Apesar de não ser generalizável nem frutífera, devido as restrições da analogia, coloca em cena o modelo construído pelo aluno. Contribui para o desafio de compreender como a teoria geral da eletricidade e seus objetos-modelo participam da construção de explicações cotidianas.

Para explicar o que ocorre no interior do fio, as entidades da Ciência foram trazidas à existência. Apresentadas como reais, desenvolveram vida própria e constituíram uma analogia entre o comportamento dos soldados ao receberem uma ordem e os elétrons quando o interruptor é acionado. Desta forma, o elétron presente no roteiro foi construído como uma nova entidade, pertencente a um modelo explicativo do aluno. Conceitual e real ao mesmo tempo, este personagem age segundo as regras delimitadas pelo cenário e pela Ciência. A partir da construção deste personagem, pode-se inferir que o aluno construiu um modelo explicativo que representa a entidade da Ciência e expressa propriedades que declaram a relação entre a explicação científica apresentada pelo professor e a explicação compreensível ao aluno.

4.2.3.2 Aluno 29 da Escola C

Observe o roteiro produzido pelo aluno 29 da Escola C:

“‘Um show de luz’

Os elétrons agem como pessoas; a corrente elétrica seria como uma casa de shows; o campo elétrico é como se fosse a animação das pessoas; o palco da casa é a lâmpada; e a banda é o interruptor.

As pessoas já estão no espaço do show, porém bem calmas, sem pressa, bem lentas. Assim que a banda começa a entrar no palco, as pessoas se agitam, se animam e correm para chegar perto do palco. Quando a banda termina de entrar, as pessoas, que estão super empolgadas, chegam perto do palco. Dali para frente, as coisas tomam o rumo que nós conhecemos.

Com o fim, podemos concluir que a partir do momento que você aperta o interruptor até quando a luz acende, os elétrons estão se movendo com uma velocidade muito pequena. Ao apertar o interruptor, os campos elétricos aparecem na velocidade da luz (quase instantaneamente), os elétrons acabam ‘empurrando’ uns aos outros, o que faz e serem rápidos e (*com que a luz*) acenda-se muito rapidamente. Mesmo a lâmpada não emitindo luz visível, ela é aquecida a temperatura muito elevada e assim, ela se torna incandescente”.

O aluno faz uma releitura de seu cotidiano. Os protagonistas são os elétrons e o campo elétrico. Esses, desempenham um papel que atende as expectativas impostas por uma analogia. O aluno traz à existência entidades reais para ele (pessoas e uma banda) e que desenvolvem comportamentos delimitados pelo cenário de uma casa de shows. No primeiro parágrafo, apresenta essas entidades e faz correlações diretas entre elas e as entidades da Ciência pertencentes ao modelo explicativo requisitado pelo contexto didático. Declarar essas correlações ao invés de revelá-las faz-se necessário porque no decorrer do roteiro, as restrições impostas aos atores e a como estes agem não são suficientemente claras. A analogia criada não permite, por si só, que a explicação científica prevaleça.

Os componentes do roteiro apresentam um conjunto de propriedades específicas e suas relações são declaradas pelo cenário com *propósito* de entender o que ocorre no interior do fio. A cadeia de *eventos* inicia com a entrada da banda e culmina com a agitação das pessoas rumo ao palco. Assim como foi feito com os personagens, a necessidade de relacionar diretamente os eventos com a explicação científica leva o aluno a omitir um fim para a analogia, por supor que o *leitor* sabe o que ocorre. O que compromete sua *estrutura* e conduz a uma explicação didática, na qual o cenário e as entidades humanas da analogia são deixados de lado. Dão lugar a uma explicação de *relevância extrínseca* que valoriza as explicações do professor.

Apesar do cenário ser bem estabelecido e os atores conhecidos pelo aluno, a explicação produzida não assegura uma explicação científica de *qualidade*. O fraco elo entre a analogia e a explicação científica evidencia que o conhecimento do aluno ainda

não atribui significado imediato. Mesmo assim podemos inferir pela explicação didática do último parágrafo que há um conhecimento idealizado. Ainda não suficientemente maduro para se transformar em ferramenta de pensamento.

O roteiro produzido se adequa à questão proposta pela atividade. Mesmo a analogia não providenciando uma explicação compatível em todas as relações com o conhecimento científico. Ainda assim, a releitura feita pelo aluno mostra que ele conhece o vínculo entre os elétrons e o campo elétrico para produção da corrente elétrica.

Ao final, o aluno inclui um conhecimento sobre a lâmpada que não foi apresentado em nenhum outro roteiro.

Considerações finais

“Todo o conhecimento é uma resposta a uma pergunta”.
(Bachelard 1988)

“Logo que comunicamos os nossos conhecimentos, deixamos de
gostar deles suficientemente”.
(Nietzsche 1986)

A curiosidade e a motivação pessoal foram o marco zero do caminho aqui percorrido. A direção desse caminho foi determinada pela área de atuação do projeto de pesquisa (ensino de física) e permitiu a formulação do objetivo geral de investigação: a partir da dimensão ontológica dos modelos, identificar e analisar o papel das entidades científicas na compreensão da estrutura das explicações produzidas pelos alunos.

Em busca de passos precisos, os aspectos teóricos dos modelos na Ciência considerando seus fundamentos e características, seu conceito e sua função, assim como as fontes de orientações teóricas que o sustentam, foram investigados. Isso exigiu discussões teóricas sobre os conceitos de modelos e explicação tanto na Ciência quanto em seu ensino, por meio de considerações sobre o trabalho teórico de alguns autores - em especial Mario Bunge, Jon Ogborn e Isabel Martins.

O estudo teórico nos levou à construção de um paralelo entre os componentes ontológicos do modelo científico na perspectiva do Bunge e a retórica das explicações de Ogborn e colaboradores. Os modelos científicos para Bunge são compostos por um conjunto de objetos-modelo (entidades), com suas propriedades específicas expressas por um conjunto de teorias gerais (cenários), que declaram a relação entre essas entidades e constituem o modelo (explicação).

No decorrer do caminho, os objetivos específicos contribuíram para a determinação do sentido a ser percorrido. Orientaram a validação metodológica e nos levaram a promover novos instrumentos e recursos para refletir e compreender como os alunos usam os modelos da Ciência na produção de explicações e como as entidades

presentes no mundo cotidiano e no mundo da Ciência participam da construção de explicações produzidas pelos alunos.

Assim, contamos com a colaboração de quatro professores de física que incluíram (algumas ou todas) as três atividades que preparamos em seu planejamento para o terceiro ano do Ensino Médio. Retomamos as definições dos elementos narrativos apresentados por Avraamidou e Osborne (2009) e investigamos os textos produzidos com objetivo de lapidar os dados brutos.

A organização e sistematização das ideias após a definição da metodologia e desenvolvimento das atividades foi um passo de grande importância. Permitiu que escolhêssemos e organizássemos os dados segundo categorias de tratamento dos resultados com objetivo de propiciar uma discussão preliminar. Ela nos mostrou que mesmo sem condições especiais, os textos produzidos pelos alunos constituem explicações comprometidas com a Ciência. E mais, que as entidades desempenham papel primordial na compreensão da estrutura das explicações produzidas pelos alunos.

Apesar de não estarem acostumados a desenvolver narrativas nas aulas de Física, a estrutura das atividades e o *feedback* dos professores permitiram que aprendessem a fazer narrativas (que manifestam explicações) ao mesmo tempo que aprenderam a gerenciar esta nova cláusula do contrato didático. Neste contexto, o desenho metodológico da pesquisa tornou possível observar a habilidade dos alunos em produzirem narrativas com entidades da Ciência. E, mesmo não permitindo investigar o processo de ensino-aprendizagem desta capacidade, apresentou indícios de momentos importantes do processo de produção de narrativas usando entidades científicas que serviram de respaldo didático.

Por fim, chegamos à inferência e interpretação dos dados, selecionados a partir de passos precisos, num caminho bem definido. A constatação primordial dessa etapa do caminho é que as narrativas analisadas constituem-se como explicações. No caso da Atividade 01, apesar de não identificarmos nenhuma narrativa genuína e da influência didática presente em todas as produções que continham algum elemento narrativo, as histórias elaboradas incluem as explicações fornecidas pelo professor e agregam entidades reais construídas pelos próprios alunos. Portanto, as entidades imagináveis da Ciência envolvidas nessa atividade atuam nas narrativas analisadas por meio do

conhecimento dos alunos sobre o papel delas na história por eles elaborada. Fazem parte de uma explicação que permite atribuir significação às entidades da Ciência e seus comportamentos.

Em geral, os eventos desencadeados pela ‘greve’ dos elétrons envolvem o mundo cotidiano do aluno, desde o instante em que acorda até sua ida para a escola. Eles incluem o modelo de estrutura da matéria, o modelo atômico, assim como o elétrico e o magnético. Extrapolam o mundo físico abstrato e demonstram os eixos instáveis de suas construções mentais quando apresentam os vínculos entre o comportamento dos átomos (e da matéria) com e sem os elétrons. Também demonstram que em seu cotidiano a importância do elétron está fortemente atrelada ao funcionamento dos equipamentos eletro-eletrônicos.

As narrativas da Atividade 02 analisadas contemplam elementos narrativos que nos ajudaram a perceber como os alunos entendem o modelo atômico. As analogias construídas e a forma como os personagens atuam e experienciam os eventos provenientes do sumiço do núcleo do átomo nos permitiram compreender como o modelo atômico é utilizado para produzir explicações da realidade a partir das teorias gerais. Já os modelos construídos pelos alunos para explicar o que ocorre no interior do fio (Atividade 03) foram revelados por narrativas que vislumbram o papel das entidades envolvidas. A análise destas narrativas apontam para a importância deste tipo de atividade para a compreensão de como a realidade é apropriada pelo aluno. A explicação enquanto história permite observar como o aluno transforma o real idealizado pela Ciência num real imediato imbuído de significação.

A inferência e interpretação dos dados selecionados nos levam a discutir como as entidades presentes no mundo cotidiano e no mundo da Ciência participam da construção de explicações produzidas pelos alunos. Para isso, identificamos os elementos narrativos (propósito, eventos, estrutura, agentes, narrador, leitor). Procuramos pelos aspectos contextuais que indicam que os agentes (entidades da Ciência) são ferramentas de pensamento. Esses aspectos dão sentido à explicação por meio do conhecimento das entidades envolvidas e de seu papel na história. Desta forma, a história contada pelo aluno revela o modelo explicativo que ele construiu.

O trabalho que desenvolvemos foi prospectivo. Não envolveu os professores na preparação das atividades. Ele as avaliou depois de prontas e as incluiu (ou não) em seu planejamento. Nessa sala de aula comum de ensino de Física, essas atividades foram a primeira experiência dos alunos com narrativas. Não houve nenhum trabalho preliminar com eles. Apesar disso, conseguimos encontrar algumas narrativas genuínas, menos condicionadas didaticamente como uma tarefa a ser cumprida. Bem como algumas outras parcialmente influenciadas pela perspectiva didática, que ainda sim apresentavam uma coerência interna e um contexto relevante.

Ao procurarmos entender a estrutura narrativa e aprendermos a analisar as narrativas produzidas pelos alunos e a observar o papel que as entidades, que naturalmente apareciam como personagens, usando o referencial de Bunge, fomos capazes de aproximar as narrativas científicas, contidas nos modelos da Ciência, com as narrativas feitas por eles. Encontramos narrativas que apresentavam personagens, que existiam no imaginário dos alunos e que evidenciavam os objetos-modelo. No entanto, nenhuma das narrativas analisadas era uma narrativa cientificamente genuína. No máximo, se constituíam em uma ‘história’ que guardava uma relação fracamente analógica com a Ciência. Vale destacar a produção do aluno 10 da Escola C, que produziu uma metáfora entre os elétrons no interior do fio e os soldados de um exército. Essa metáfora, assim como as outras analisadas, guardam o conhecimento do aluno, revelam um quadro comparativo que tem o modelo científico como referência para sua construção.

Porém, dentre as 257 narrativas produzidas (das três atividades) que participaram da etapa de exploração do material e tratamento dos dados, somente 71 participaram da etapa da inferência e interpretação. O que nos leva a questionar: como fazer para que os alunos que produziram essas 71 narrativas produzam narrativas melhores e para que os outros alunos também produzam narrativas que funcionalmente demonstram um razoável domínio conceitual do modelo científico?

Para que o trabalho de letramento científico forneça meios para que os objetos-modelo, que são sempre possíveis de serem identificados nos modelos científicos, sirvam como personagens possíveis para as narrativas que os alunos vão produzir, eles (os objetos-modelo) precisam fazer parte, conscientemente, das explicações do professor.

Acreditamos que o professor precisa ter clareza de que os objetos-modelo se estruturam como personagens de suas explicações e o conhecimento ontológico das entidades científicas constituem os modelos teóricos.

Os professores que contribuíram para nossa pesquisa provavelmente não tinham clareza de que, imbuídos dos conteúdos de física que estavam trabalhando, existia uma dimensão ontológica que embasa todas as explicações que produzem; de que suas explicações são narrativas nas quais os objetos-modelo e suas propriedades específicas expressas por um conjunto de teorias gerais que declaram a relação entre essas entidades e constituem o modelo devem permitir ao aluno identificar os elementos narrativos que atribuem sentido à explicação fornecida. Ou seja, possivelmente, o propósito, os eventos e personagens de suas explicações não construíram relações relevantes. Consequentemente também não constituem narrativas genuínas.

Neste sentido, faz-se necessário pensar uma formação de professores que envolva estas dimensões e explicita que, mesmo quando não se faz uma história ficcional e apresenta-se um modelo científico. Por exemplo, no caso do núcleo atômico, existe um enredo que será desenvolvido em acordo com as teorias físicas. Nesse enredo, os personagens (campo elétrico, núcleo e elétron) apresentam características específicas e atuam em um cenário que determina suas relações. Ao construir esse conhecimento, o professor pode ser capaz de desenvolver ações que privilegiem situações didáticas nas quais é possível elaborar enredos a partir de modelos científicos.

Não é qualquer situação didática e/ou narrativa que permite evidenciar os modelos construídos pelos alunos. Criar essas situações exige que o professor tenha consciência da dimensão ontológica da Ciência. Por exemplo, quando um professor que trabalha interação eletromagnética sem destacar o papel do campo, mas sim o apresentando como uma grandeza a ser calculada, constrói uma situação didática e a implementa em sala de aula, recebe de seus alunos uma explicação fenomenológica. Nesta as relações entre os personagens é descritiva e atenta a efeitos, mas não ao que estes personagens podem fazer e se pode fazer deles. Se as relações entre os personagens não está bem estabelecida, não é possível narrar.

Acreditamos que os resultados alcançados com esta pesquisa podem ser potencializados por meio de uma formação explícita do professor que envolva os modelos

e as explicações. Para que ele seja capaz de negociar entre a dimensão ontológica da Ciência (que se manifesta no modelos e que o Bunge nos ajuda a identificar seus componentes) e as situações didáticas que podem enriquecer as relações que os alunos terão de desenvolver para, por si só, produzirem suas narrativas. Construírem seus modelos explicativos.

Assim, a forma de Bunge vislumbrar os modelos e seu papel na Ciência ressalta a importância dos modelos e da modelagem como ferramentas fundamentais no ensino. A produção de narrativas favorece um processo criativo que permite instrumentalizar os alunos a representarem a realidade. Nesta direção, apresentam ao professor uma via de acesso à compreensão da realidade de mundo dos alunos. Fornecem subsídios para que o aluno transforme o conhecimento e atribua significado as entidades da Ciência.

Acreditamos que a modelização é um elemento fundamental para a aprendizagem da Ciência por tornar acessíveis às representações de mundo dos alunos e contribuir de maneira decisiva para a construção dos modelos científicos na mente deles; por que por trás de uma boa explicação científica fornecida pelo professor em sala de aula (que é uma narrativa) existem personagens - que fazem algumas coisas e não outras - provenientes dos modelos e das teorias. Mas, quando não se tem esse conhecimento restringe-se o ensino a coisas, cálculos, fenômenos, situações abstratas, etc. que não permitem aos alunos construírem modelos e explicações que façam uso de entidades científicas.

CAPÍTULO VI - Bibliografia

- Abell, P. (2004). "Narrative explanation: an alternative to variable-centered explanation?" Annual Review of Sociology **30**(1): 287-310.
- AdÚriz-Bravo, A. and M. Izquierdo-Aymerich (2005). "Utilising the '3P-model' to Characterise the Discipline of Didactics of Science." Science & Education **14** (1): 29-41.
- Al-Balushi, S. M. (2011). "Students' Evaluation of the Credibility of Scientific Models that Represent Natural Entities and Phenomena." International Journal of Science and Mathematics Education **9**(3): 571-601.
- Astolfi, J.-P. (1993). "Trois paradigmes pour les recherches en didactique." Revue française de pédagogie: 5-18.
- Avraamidou, L. and J. Osborne (2009). "The Role of Narrative in Communicating Science." International Journal of Science Education **31**(12): 1683-1707.
- Bachelard, G. (1988). A poética do devaneio. São Paulo, Martins Fontes.
- Bardin, L. (2000). Análise de conteúdo. Portugal, Edições 70.
- Bhaskar, R. (1978). A realist view of science. New Jersey, Hassocks.
- Black, M. (1972). Models and metaphors: studies in language and philosophy, Cornell University Press.
- Bostrom, A. (2008). "Narratives as Tools in Designing the School Chemistry Curriculum." Interchange: A Quarterly Review of Education **39**(4): 391-413.
- Brockington, G. (2005). A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio. Instituto de Física e Faculdade de Educação. São Paulo, Universidade de São Paulo. **Mestrado**: 268.
- Brockington, G. (2005). A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio. . Instituto de Física e Faculdade de Educação. São Paulo, Universidade de São Paulo. **Mestrado**: p. 268.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. Recherches en Didactique des Mathématiques. Grenoble. **7**: 33-116.
- Bruner, J. (1991). Acts of meaning. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Bunge, M. A. (1973). Philosophy of physics. By Mario Bunge. Dordrecht, Boston, Reidel.
- Bunge, M. A. (1974). Teoria e realidade. São Paulo, Perspectiva.
- Bunge, M. A. (1985). Philosophy of science and technology / Mario Bunge. Dordrecht ; Boston : Hingham, MA :, Reidel ; Sold and distributed in the U.S.A. and Canada by Kluwer Academic.

- Bunge, M. A. (1987). Epistemologia: curso de atualização. . São Paulo, T. A. Queiroz.
- Chatman, S. (1978). Story and discourse: Narrative structure in fiction and film. Ithaca, NY, Cornell University Press.
- Chown, M. (1998). "The cosmic connection." New Scientist(2159).
- Coll, R. K., B. France, et al. (2005). "The role of models/and analogies in science education: implications from research." International Journal of Science Education **27**(2): 183-198.
- Coll, R. K. and D. F. Treagust (2001). "Learners' Mental Models of Chemical Bonding." Research in Science Education **31**(3): 357-382.
- Crawford, B. A. and M. J. Cullin (2004). "Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science." International Journal of Science Education **26**(11): 1379-1401.
- Cupani, A. O. and M. Pietrocola (2002). "A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o Ensino de Ciências." Caderno Catarinense de Ensino de Física **19**(1): 97-122.
- Custódio, J. F. (2007). Explicando explicações na educação científica: domínio cognitivo, status afetivo e sentimento de entendimento. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina. **Doutorado em Educação Científica e Tecnológica**: 236.
- Develaki, M. (2007). "The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes." Science & Education **16**(7): 725-749.
- Driver, R. and P. Scott (1996). Curriculum Development as Research: A Constructivist Approach to Science Curriculum Development and Teaching. Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics Editors. R. D. David F. Treagust, and Barry J. Fraser. New York, Teachers College Press: 94-108.
- Freire, P. (2006). Pedagogia da autonomia. Rio de Janeiro, Paz e Terra.
- Frigg, R. (2009). Models in physics. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. E. N. Zalta. Stanford, CA, The Metaphysics Research Lab. Center for the Study of Language and Information. Stanford University.
- Frigg, R. and S. Hartmann (2009). Models in Science. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. E. N. Zalta. Stanford, CA, The Metaphysics Research Lab. Center for the Study of Language and Information. Stanford University
- Garnica, A. V. M. (1997). "Algumas notas sobre pesquisa qualitativa e fenomenologia." Interface - Comunicação, Saúde, Educação **1**: 109-122.
- Gentner, D. and A. L. Stevens (1983). Mental models / edited by Dedre Gentner, Albert L. Stevens. Hillsdale, N.J. :, L. Erlbaum Associates.

- Giere, R. N. (1988). Explaining science : a cognitive approach / Ronald N. Giere. Chicago :, University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1989). "A natureza da ciência: uma perspectiva iluminista pós-moderna." Colóquio. / prop. Fundação Calouste Gulbenkian, Serviço de Ciência(6): 72-84.
- Giere, R. N. (1999). Science without laws / Ronald N. Giere. Chicago :, University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1999). Using Models to Represente Reality. Model-based reasoning in scientific discovery. L. Magnani, N. J. Nersessian and P. Thagard. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers: 41-58.
- Giere, R. N. (2002). "How models are used to represent physical reality."
- Giere, R. N. (2004). "How models are used to represent reality." Philosophy of Science **71** (5): 742-752.
- Giere, R. N. (2007). "Distributed cognition without distributed knowing." Social Epistemology **21**(3): 313 – 320.
- Giere, R. N. (2008). Cognitive Studies of Science and Technology. The handbook of science and technology studies / edited by Edward J. Hackett ... [et al.]. E. J. Hackett and S. Society for Social Studies of. Cambridge, Mass. :, MIT Press: p. 259-78.
- Gilbert, J. K. (1999). "On the Explanation of Change in Science and Cognition." Science & Education **8**(5): 543-557.
- Gilbert, J. K. (2004). "Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education." International Journal of Science and Mathematics Education **2**(2): 115-130.
- Gilbert, J. K., C. Boulter, et al. (1998). "Models in explanations, Part 1: Horses for courses?" International Journal of Science Education **20**(1): 83 - 97.
- Gilbert, J. K., C. Boulter, et al. (1998). "Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears?" International Journal of Science Education **20**(2): 187-203.
- Gilbert, J. K., C. Boulter, et al. (2000). Explanations with models in science education. Developing models in science education. J. K. Gilbert and C. Boulter. London, Kluwer Academic Publisher.
- Gilbert, J. K. and C. J. Boulter (1998). Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. Modelos e educação em ciências. D. COLINVAUX. Rio de Janeiro, Ravil.
- Gilbert, J. K., M. Pietrocola, et al. (2000). Science and education: notions of reality, theory and model. Developing models in science education. J. K. Gilbert and C. Boulter. London, Kluwer Academic Publisher: p. 3-17.

- Gilbert, S. W. (1991). "Model building and a definition of science." Journal of Research in Science Teaching **28**(1): 73-79.
- Gobert, J. D. and B. C. Buckley (2000). "Introduction to model-based teaching and learning in science education." International Journal of Science Education **22**(9): 891 - 894.
- Graesser, A., B. Olde, et al. (2002). How does the mind construct and represent stories? Narrative impact: social and cognitive foundations. M. Green, J. Strange and T. Brock. Mahwah, N.J., Lawrence Erlbaum Associates, Inc.: 229-262.
- Graesser, A. C. and et al. (1980). "Advanced Outlines, Familiarity, and Text Genre on Retention of Prose." Journal of Experimental Education **48**(4): 281-90.
- Graesser, A. C., M. A. Kessler, et al. (1998). "Verification of Statements about Story Worlds that Deviate from Normal Conceptions of Time: What Is True about "Einstein's Dreams?"." Cognitive Psychology **35**(3): 246-301.
- Grandy, R. and R. Duschl (2007). "Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference." Science & Education **16**(2): 141-166.
- Grandy, R. E. (2003). "What Are Models and Why Do We Need Them?" Science & Education **12**(8): 773-777.
- Greca, I. M. and F. v. M. T. d. Santos (2005). Dificuldades da generalizacao das estrategias de modelacao em ciencias. Investigações em Ensino de Ciências. v. **10**: p. 31-46.
- Gurgel, I. (2010). Elementos de uma Poética da Ciência: Fundamentos Teóricos e Implicações ao Ensino. Faculdade de Educação. São Paulo, Universidade de São Paulo. **Doutorado**: p. 300.
- Halloun, I. (2007). "Mediated Modeling in Science Education." Science & Education **16**(7): 653-697.
- Halloun, I. A. (1998). "Interactive Model-Based Education: An Alternative to Outcomes-Based Education in Physics." South African Journal of Science v. **94**: 14.
- Harré, R. (1959). "Metaphor, Model and Mechanism." Proceedings of the Aristotelian Society **60**: 101-122.
- Harré, R. (1986). Varieties of Ftealism. Oxford, Blackwell.
- Harrison, A. G. and D. F. Treagust (2000). "A typology of school science models." International Journal of Science Education **22**(9): 1011-1026.
- Heisenberg, W. (1996). A parte e o todo. Rio de Janeiro, Contraponto.
- Hesse, M. B. (1966). Models and analogies in science, University of Notre Dame Press.

- Ibarra, S. P. C. (2009). Contribución al estudio del aprendizaje de las ciencias experimentales en la educación infantil: cambio conceptual y construcción de modelos científicos precursores. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. Barcelona, Universitat de Barcelona. **Doctor:** 546.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental models : towards a cognitive science of language, inference, and consciousness / P.N. Johnson-Laird. Cambridge, Mass. :, Harvard University Press.
- Jon Ogborn, G. K., Isabel Martins , Kieran McGillicuddy (1996). Explaining Science in the Classroom. Buckingham, Open University Press.
- Jon Ogborn, G. K., Isabel Martins , Kieran McGillicuddy (2002). Making entities. Aspects of teaching secondary science: perspectives on practice. S. Amos and R. Boohan. London, RoutledgeFalmer.
- Jonnaert, P. (1996). Dévolution versus contre-dévolution! Un tandem incontournable pour le contrat didactique. Au-delà des didactiques, le didactique: débats autour de concepts fédérateurs, De Boeck Université.
- Justi, R. and J. Gilbert (2000). "History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'." International Journal of Science Education **22** (9): 993 - 1009.
- Justi, R. S. and J. K. Gilbert (2002). "Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers." International Journal of Science Education **24**(4): 369 - 387.
- Koponen, I. (2007). "Models and Modelling in Physics Education: A Critical Re-analysis of Philosophical Underpinnings and Suggestions for Revisions." Science & Education **16**(7): 751-773.
- Lispector, C. (1999). A Descoberta do Mundo. Rio de Janeiro, Rocco.
- Lüdke, M. and M. E. D. A. André (1986). Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária.
- Martín, J. and J. Solbes (2001). "Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física." ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS **19**(3): 393-403.
- Martins, I., J. Ogborn, et al. (1999). "Explicando uma explicação." Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências **1**(1): 29-46.
- Matthews, M. (2007). Models in science and in science education: an introduction. Science & Education, Springer Netherlands. **16**: 647-652.
- Matthews, M. R. (2003). "Mario Bunge: Physicist and Philosopher." Science & Education **12**(5): 431-444.
- Millar, R., J. Osborne, et al. (1998). Beyond 2000 : science education for the future : a report with ten recommendations, King's College London, School of Education.

- Mortimer, E. F. (2000). Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências. Belo Horizonte, Eitora UFMG.
- Nersessian, N. J. (1995). "Should physicists preach what they practice?" Science & Education **4**(3): 203-226.
- Nersessian, N. J. (2008). Creating scientific concepts / Nancy J. Nersessian. Cambridge, Mass. :, MIT Press.
- Nietzsche, F. (1986). Além do bem e do mal. Prelúdio a uma filosofia do futuro. São Paulo, Companhia das letras.
- Norris, S. P., S. M. Guilbert, et al. (2005). "A theoretical framework for narrative explanation in science." Science Education **89**(4): 535-563.
- Piaget, J. and R. Garcia (1987). Vers une logique dès significations. Geneve, Murionde.
- Pickel, A. (2001). "Mario Bunge's philosophy of social science." Society **38**(4): 71-74.
- Pietrocola, M. (1999). "Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino científico através dos modelos." Investigação em Ensino de Ciências **4**(3): 1-22.
- Polkinghorne, D. E. (1995). Narrative configuration in qualitative analysis. Life history and narrative. J. A. Hatch and R. Wisniewski. London, The Falmer Press: 5- 24.
- Rabelo, A. O. (2011). "A importância da investigação narrativa na educação." Educação & Sociedade **32**: 171-188.
- Ribeiro, R. M. L. and I. Martins (2007). "O potencial das narrativas como recurso para o ensino de ciências: uma análise em livros didáticos de Física." Ciência & Educação (Bauru) **13**(3): 293-309.
- Ryan, A. G. and G. S. Aikenhead (1992). "Students' Preconceptions about the Epistemology of Science." Science Education **76**(6): 559-80.
- Suppe, F. (1977). The Structure of Scientific Theories. Chicago, University of Illinois Press.
- Suppe, F. (2000). "Understanding scientific theories: An assessment of developments, 1969-1998." Philosophy of Science **67**(3): 115.
- Sutton, C. (1978). "Metaphorically speaking: The role of metaphor in teaching and learning science." Leicester University School of Education Occasional Papers.
- Sutton, C. R. (1980). "The Learner's Prior Knowledge: a Critical Review of Techniques for Probing its Organization." European Journal of Science Education **2**(2): 107 - 120.
- Toolan, M. J. (2001). Narrative: A critical linguistic introduction. London, Routledge.
- Treagust, D. F., G. D. Chittleborough, et al. (2004). "Students' Understanding of the Descriptive and Predictive Nature of Teaching Models in Organic Chemistry." Research in Science Education **34**(1): 1-20.

- Van Der Valk, T., J. Van Driel, et al. (2007). "Common Characteristics of Models in Present-day Scientific Practice." Research in Science Education **37**(4): 469-488.
- Van Driel, J. H. and N. Verloop (1999). "Teachers' knowledge of models and modelling in science." International Journal of Science Education **21**(11): 1141 - 1153.
- Vera, A. A. (1989). Metodologia da Pesquisa Científica. São Paulo, Globo.
- Wartofsky, M. W. (1979). Models : representation and the scientific understanding / Marx W. Wartofsky. Dordrecht, Holland ; Boston :, D. Reidel Pub. Co.
- Weller, C. M. (1970). "The role of analogy in teaching science." Journal of Research in Science Teaching **7**(2): 113-119.
- Yore, L. D. and D. F. Treagust (2006). "Current Realities and Future Possibilities: Language and science literacy—empowering research and informing instruction." International Journal of Science Education **28**(2): 291 - 314.
- Zylbersztajn, A. (1998). Resolução de problemas: uma perspectiva Kuhniana. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis, Florianópolis. **6**.

ANEXO 01 - Atividade 01

ENTREVISTA COM O ELÉTRON²⁴

Você já deve ter notado estalos ao tirar uma malha de lã no inverno. Se observar alguém fazendo isso num quarto escuro perceberá, além do barulho, pequenas faíscas. Esses estalos também aparecem no contato com uma tela de televisão, logo após seu desligamento. Estas ocorrências são formas de manifestação da eletricidade. Além delas, os choques elétricos são acidentes possíveis no dia-a-dia. Você já deve ter levado alguns choques na vida. Isto é comum em chuveiros mal isolados, mas pode ocorrer também numa escada rolante. Em dias frios de inverno, não é incomum sentir um pequeno choque ao tocar alguém ou alguma coisa numa escada rolante, principalmente quando estamos com tênis ou sapatos com solado de borracha. Esses fenômenos são resultados do comportamento das cargas elétricas presentes na matéria. A eletricidade presente na atmosfera, encontrada principalmente nos raios é também outra forma de manifestação da eletricidade. Para explicarmos esses e outros fenômenos é necessário nos aprofundarmos nas propriedades da matéria e entendermos o que é eletricidade. Veremos a seguir que este acontecimento e muitos outros são diabruras de uma partícula “pequeníssima” chamada elétron.

O grande problema que temos no estudo da eletricidade em geral é que as partículas carregadas eletricamente, como os elétrons, prótons etc, são muito pequenas e impossíveis de enxergar, mesmo com os microscópios mais potentes. Devemos pensar nelas como coisas que são invisíveis aos nossos olhos, mas não às nossas mentes. Isto é, apesar de invisíveis, elétrons e outras partículas carregadas eletricamente têm permitido aos cientistas construir explicações sobre fenômenos como os raios, os choques elétricos, a eletricidade nas tomadas etc.

Como o elétron tem um papel central em nossas discussões convidamos um deles para uma rápida conversa.

Com vocês o elétron:

- Qual o seu nome?

²⁴ A animação em flash dessa entrevista pode ser assistida em: <http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/rived/rived-modulos-de-ensino-e-objetos-de-apredizagem>

Figura 1: Cena da animação em flash "Entrevista com um Elétron"

- Elétron.

- Já ouvi falar de você, acho que foi na televisão. Quem é você?

- Isso é difícil falar. É que tenho várias propriedades, mas acabo sendo conhecido principalmente pelos fenômenos elétricos que produzo. Estes

fenômenos acontecem por causa de uma destas propriedades: a carga elétrica.

- Continuei na mesma. Você poderia ser mais explícito?

- Vou tentar, sou um conceito científico como muitos outros que existem por aí.

- E o que é um conceito científico?

- Bem, são coisas que fazem parte do universo da Ciência.

- Eu conheço várias coisas como cadeiras, armários, carros que me rodeiam, mas conceitos científicos eu nunca vi!

- As coisas que você enunciou pertencem ao mundo imediato que percebemos através dos nossos sentidos e os conceitos científicos pertencem ao mundo criado pela Ciência. Nesse mundo as coisas não são vistas pelos olhos, mas pela mente.

- O que você faz em particular?

- Sou responsável por vários comportamentos interessantes da matéria. Durante as tempestades, sou eu quem produz os raios que tanto aterrorizam as pessoas. As consequências desagradáveis dos choques são também de minha responsabilidade.

- Mas como pode ser isso? Pelo que ouvi falar você é tão pequeno! Como pode produzir tantos estragos?

- Tamanho nesses casos não conta muito, pois eu não faço isso sozinho. Por exemplo, você não compra nada com um centavo, mas imagine o

que você faria com bilhões deles! Nos raios, somos bilhões de elétrons a agir.

- Você poderia me contar alguns outros fenômenos pelos quais também é responsável?

- Ok, vamos lá. Ao invés de descrever fenômenos, eu proponho que você faça uma experiência e veja por si mesmo alguns fatos interessantes.

Figura 3: Experimento sugerido

- Legal, eu gosto muito de experiências!

- Pegue um guardanapo de papel e um canudo de refresco, daqueles de plástico que encontramos em qualquer lanchonete. Pique uma borda do papel em pedaços pequenos. Agora pressione o guardanapo sobre o canudo usando o polegar e o indicador de forma que os dois se atritem. É preciso que você aplique uma pressão razoavelmente forte

num único movimento.

- Mas para que tudo isso?

- Você já vai ver. Após ter atritado o canudo, aproxime-o do papel picado.

- Que estranho ele atraiu o papel picado! Por que isso?

- Explicar isso requer um pouco de tempo, mas vou te dar uma dica. Ao atritar o canudo com o guardanapo de papel, elétrons, como eu, passaram de um corpo para o outro. Com isso, o canudo mudou sua quantidade inicial de elétrons, isto é, tornou-se eletrizado.

- E isso foi suficiente para atrair os pedacinhos de papel?

- Sim.

- Eu já vi algo parecido com um pente e pedaços de papel. Trata-se do mesmo tipo de fenômeno? Isso funcionaria com outros corpos que não o canudo e o papel?

- É isto mesmo. O pente neste caso é atritado no cabelo e acaba se comportando como o canudo.

- Eu fiz isto uma vez. Isto pode funcionar com outros corpos além de pentes e canudos de refresco?

- Legal, você está fazendo conexões com situações conhecidas, questionando; isso é fazer ciência. Não vou lhe dar todas as respostas, pois é preciso que você conheça outros fenômenos e conceitos elétricos e pense sobre eles. Vou apenas te dizer que a eletricidade é uma propriedade presente em todos os corpos, mas nem sempre é possível observar seus efeitos no cotidiano.

- O que você quer dizer com isso?

- Que embora todos os corpos possam apresentar fenômenos de origem elétrica, precisamos às vezes criar condições especiais para que ocorram.

- Gostei dessa colocação. Vou ficar atento a isso.

- Mas espere um pouco, não jogue fora o canudo eletrizado; podemos fazer outra experiência com ele.

- Vamos lá, estou pronto.

- Encoste-o na parede, mas tire o pó dela antes disso.

- Que loucura, ele grudou na parede!

- E veja que não passamos cola. Coloque-o sobre outra superfície, por exemplo, no vidro liso de uma janela, ou na porta de um armário de madeira e veja se ele gruda.

Figura 4: Experimento sugerido

- Ele também grudou! E daí, como isso acontece?

- O efeito é muito parecido com a atração dos pedacinhos de papel. Como a parede é imóvel e rígida, o canudo ao atraí-la fica grudado nela.

- Será que você poderia explicar de onde provém a atração aí presente?

- Acho que devo contar-lhe um pouco mais sobre as coisas que existem no mundo da eletricidade. Como disse no início, eu tenho carga elétrica. Porém, não sou a única partícula a tê-la. Na verdade várias outras possuem propriedades elétricas. No átomo, somos duas a possuírem tal propriedade: eu e o próton. Você deve se lembrar de como se representa o átomo: um núcleo rodeado por outras partículas muito menores que ele. Os prótons se encontram no núcleo, junto com os nêutrons, estes últimos sem propriedade elétrica. Rodeando o núcleo estamos nós, os elétrons. Apesar de eu e o próton possuímos ambos carga elétrica, temos sinais diferentes: nós somos negativos e eles são positivos. O interessante é que são as propriedades elétricas que permitem que as cargas interajam. No caso, eu e o próton nos atraímos, pois temos cargas elétricas de

Figura 5: Representação de um átomo com suas cargas elétricas

sinais diferentes. Esta atração permite que a eletrosfera se mantenha unida ao núcleo. Já cargas de mesmo sinal se repelem.

- Quer dizer que a atração do canudinho de refresco com os pedacinhos de papel era no fundo uma manifestação da atração entre as cargas presentes nesses corpos?

- Exatamente.

- Gostei de saber disso. E essa atração e repulsão entre as cargas se manifestam em outras situações?

- Sem dúvida. Elas aparecem em quase todas as situações. Você já se perguntou por que um bloco de ferro, ou um pedaço de madeira ou plástico, não se esfarela como um bloco de isopor?

- Na verdade, não. Achei que isso fosse uma característica do ferro.

- E isso é verdade. Porém essa coisa que você chamou característica pode ser explicada pela organização das cargas elétricas no ferro.

- E você poderia citar outras situações em que você toma parte?

- Claro! Você já viu um raio de luz se refletir num espelho, ou num metal polido?

- Sem dúvida, mas isso é um efeito elétrico?

- Apesar de podermos estudar isso sem mencionar os elétrons, eu estou presente nesses fenômenos. Veja que são elétrons como eu, presentes na superfície do espelho e do metal que devolvem o feixe de luz incidente.

- Muito legal!

- Eu poderia continuar citando outras coisas, como o atrito entre dois corpos, as mudanças de estado físico (sólido, líquido, gasoso), a imagem que aparece nas telas de televisão e computadores, etc.

- Está parecendo que quase tudo que nos rodeia é obra de vocês, os elétrons.

- Você está sendo generoso conosco. Estamos muito presentes nas propriedades da matéria, mas não somos responsáveis por tudo. Digamos que através de nós muitas características aparentemente misteriosas da matéria podem ser entendidas e explicadas.

- Olha, eu gostei muito de saber que podemos explicar coisas que parecem sem explicação.

- Esse sentimento tem movido a Ciência e alimentado os cientistas ao longo de todos os tempos.

- Legal, vou querer saber mais a seu respeito.

- Tem muito mais ainda. Você vai se maravilhar com muitas coisas que verá mais à frente! Lembre-se de deixar a mente e sua imaginação trabalharem bem à vontade!

Questões para resposta individual:

1) Baseado no texto anterior e em seus conhecimentos, faça uma lista de fenômenos que podemos verificar em nosso dia-a-dia que são baseados nas propriedades do elétron. Liste no mínimo 8 fenômenos.

2) Imagine que um dia você acorda e os elétrons dos objetos ao seu redor "estão em greve", isto é, eles não estão produzindo os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. Considerando que os átomos de seu próprio corpo e de seus colegas continuam "agindo" normalmente, descreva tudo que poderia acontecer ao seu redor. Escreva no mínimo uma página.

ANEXO 02 - Orientações ao professor para atividade 01

Observação comum as 03 atividades: elas não foram pensadas para serem aplicadas na sequência. A ideia é que elas sejam incluídas no planejamento do professor para o 3o ano do Ensino Médio.

Atividade 01

Esta atividade deve ser desenvolvida individualmente e inicia com a leitura do texto “Entrevista com o Elétron” seguida de duas questões, uma de interpretação e outra que envolve imaginação.

Pode ser trabalhada de três formas, para minha dissertação, quaisquer dessas possibilidades é válida:

1) Apresentada em aula e realizada em casa. Neste caso, talvez seja necessário dirigir a leitura antes.

2) Uma outra possibilidade é pedir que leiam o texto sugerido em casa e as perguntas sejam respondidas em aula, o que suponho seja possível em 01 aula.

3) Pode também ser totalmente desenvolvida em aula, o que suponho exija 02 aulas para ser feito.

Objetivos:

Discutir as propriedades elétricas da matéria., o que possibilitará ao aluno incrementar sua alfabetização científica ao reconhecer a identidade do elétron como partícula fundamental e seu papel em alguns fenômenos da natureza.

Pré-requisitos:

Pode ser aplicada no 3o ano do Ensino Médio. Sugiro como pré-requisito para esta atividade uma discussão sobre o uso de modelos na Física.

Tempo previsto para desenvolvimento:

Dependendo da forma escolhida para seu desenvolvimento, são previstas parte de 01 aula, 01 aula ou 02 aulas.

Elementos podem aparecer nas respostas dos alunos:

1) Baseado no texto anterior e em seus conhecimentos, faça uma lista de fenômenos que podemos verificar em nosso dia-a-dia que são baseados nas propriedades do elétron. Liste no mínimo 8 fenômenos.

O objetivo desta questão é que os alunos extrapolem o que é apresentado no próprio texto. Isso pode ser feito com base em seus conhecimentos de aulas anteriores ou mesmo através de hipóteses criadas por eles. Algumas respostas que podem aparecer:

O aquecimento da água; A construção de computadores; O funcionamento do chuveiro; A condução de eletricidade; Quando esfregamos as mãos para esquentar; O aquecimento de uma colher quando fica na panela com fogo; A luz que chega em nossas casas; O derretimento do chocolate; A constituição de uma parede; Andar apoiado e pisando em algo consistente; Atração de um ímã por um metal; Funcionamento dos aparelhos eletrônicos; Pilhas e baterias; Choques que tomamos em dias frios; Choque ao andarmos descalços no campineiro e levarmos um choque; Funcionamento dos seres vivos (impulsos elétricos do cérebro; Riscar um fósforo; Quando desligamos a TV ela “puxa” nossos cabelos; Pessoas não atravessarem paredes e portas.

2) Imagine que um dia você acorda e os elétrons dos objetos ao seu redor “estão em greve”, isto é, eles não estão produzindo os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. Considerando que os átomos de seu próprio corpo e de seus colegas continuam “agindo” normalmente, descreva tudo que poderia acontecer ao seu redor. Escreva no mínimo uma página.

O objetivo é que os alunos reflitam sobre o que é um elétron e como ele está vinculado aos mais diversos efeitos ao nosso redor. É importante que extrapolem a percepção mais imediata do cotidiano, por isso leva-los a considerar a não existência desses elétrons. Acredito que a melhor maneira de pensar sobre a sua presença no mundo ao redor era considerar justamente o contrário, sua ausência.

ANEXO 03 - Atividade 02

CRIAÇÃO DE UM STORYLINE

A proposta desta atividade é elaborar o storyline de uma história que ainda não existe. Um exemplo de storyline é a sinopse de um filme, como nos casos apresentados a seguir:

"A TROCA: Milionária não se conforma com a deficiência visual de seu neto recém-nascido e paga para uma enfermeira trocar a criança por um menino perfeito do berçário, mas vinte anos depois o pai do menino sofre de Leucemia e a esperança de cura está na medula do garoto deficiente e entregue a outra família que é encontrado, salva a vida do pai e a verdade sobre a troca é revelada."

"CREPUSCULO: Isabela Swan vai morar com seu pai em uma nova cidade, depois que sua mãe decide casar-se novamente. No colégio, ela fica fascinada por Edward Cullen, um garoto que esconde um segredo obscuro, conhecido apenas por sua família. Eles se apaixonam, mas Edward sabe que quanto mais avançam no relacionamento, mas ele está colocando Bella e aqueles à sua volta em perigo. Quando ela descobre que Edward é, na verdade, um vampiro, ela age contra todas as expectativas e não tem medo da sede de sangue de seu grande amor, mesmo sabendo que ele pode matá-la a qualquer momento."

"O GRANDE TRUQUE: Século XIX, Londres. Robert Angier (Hugh Jackman) e Alfred Borden (Christian Bale) se conhecem há muitos anos, desde que eram mágicos iniciantes. Desde então eles vivem competindo entre si, o que faz com que a amizade com o passar dos anos se transforme em uma grande rivalidade. Quando Alfred apresenta uma mágica revolucionária, Robert fica obcecado em descobrir como ele consegue realizá-la."

Perceba que os exemplos apresentam uma estrutura comum, composta pela história central e os três tópicos mais importantes da trama:

1 - Apresentação da situação

2 - Desenvolvimento da situação

3 - Solução da situação

Agora é a sua vez. Elabore um STORYLINE, com no mínimo 5 linhas, sobre a seguinte ideia:

De repente o núcleo de um átomo some! O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons “sentirem” a ausência dos prótons e neutrons?

ANEXO 04 - Orientações ao professor para atividade 02

Trata-se de uma atividade individual que convida os alunos a escrever um Storyline de uma história que ainda não existe. Um exemplo de storyline é a sinopse de um filme, apresentei alguns exemplos no corpo da atividade.

Pode ser trabalhada de duas formas, para minha dissertação, quaisquer dessas possibilidades é válida:

1) Apresentada em aula e realizada em casa. Neste caso, talvez seja necessário dirigir a leitura antes, verificar se entenderam o que é pedido.

2) Pode também ser totalmente desenvolvida em aula, o que suponho seja mais efetivo. Prevejo uma aula para os alunos desenvolverem o que foi pedido, porque não se trata de uma atividade trivial, acredito que possam enfrentar dificuldades para escrever.

Objetivos:

Incitar os alunos a pensar sobre a interação entre os corpos e observar como compreendem o modelo teórico sobre campo.

Pré-requisitos:

Pode ser aplicada no 3o ano do Ensino Médio. É necessário que os alunos tenham domínio fenomenológico do conceito de campo.

Tempo previsto para desenvolvimento:

Dependendo da forma escolhida para seu desenvolvimento, são previstos alguns minutos de 01 aula ou 01 aula.

Elementos podem aparecer nas respostas dos alunos:

1) De repente o núcleo de um átomo some! O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons “sentirem” a ausência dos prótons e nêutrons?

1 - Apresentação da situação: o núcleo de um átomo sumiu.

2 - Desenvolvimento da situação: a uma carga sempre está associado um campo que pré existe mesmo na ausência de outros corpos capazes de revelar sua existência. É esse campo que preenche todo o espaço que é responsável pela interação entre os corpos. Essa interação não é instantânea!

3 - Solução da situação: O núcleo, ao desaparecer, leva consigo o campo que a ele estava associado, mas isto não ocorre de maneira instantânea. Uma onda carrega, na velocidade da luz, a informação de que o núcleo não está mais lá. Assim, um elétron só saberá que não mais está sendo atraído pelo núcleo quando esta informação chegar até ele. Ao receber essa informação o elétron que orbitava ao redor do núcleo sai pela tangente.

ANEXO 05 - Atividade 03

PARTE 01 - ELABORAÇÃO DO ROTEIRO DE UMA ANIMAÇÃO

Pense num circuito como o representado nas figuras, composto por um interruptor, uma lâmpada, um fio de cobre e uma pilha. O que ocorre no interior do fio desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes.

PARTE 02 - ELABORAÇÃO DE UM STORYBOARD

Nesta atividade vamos elaborar um storyboard, que consiste na representação e/ou descrição de todas as cenas que formam uma história, seja de um filme ou de uma animação. Ele serve para definir os enquadramentos, visualizar cada cena a partir de esboços, verificar se a quantidade de cenas inicialmente previstas é suficiente para contar a história, entre outros. Por isso o storyboard é dividido em quadros que representam cada cena detalhada da história, com diálogos, ações dos personagens, trilha sonora, efeitos especiais, etc.

Observe a seguir um exemplo de quadro, elaborado para uma cena da animação **Entrevista com o Elétron**.

<p>Título: Entrevista com um Elétron Autores: Equipe USP</p>	<p>Tela 7 – Parte II</p>
<p>Animação sobre raios – Ver anexo I</p>
<p>Desenho: Plano de fundo igual da Tela 2 - Parte I.</p>	
<p>Ação: Nesta tela JJ. e o elétron diminuem, vão encolhendo para o canto esquerdo da tela ao mesmo tempo em que desce uma tela de projeção de slides. O vídeo deve ter as opções de "play", "pause" e "review". Quando o aluno clicar para seguir para a próxima tela, (Tela 8 – Parte II) a tela de projeção sobe e os personagens voltam ao tamanho normal.</p>	

Anexo I
Descrição da Animação – duração máxima de 30 segundos

A borda superior e lateral direita da tela será graduada em quilometro. A primeira de 0 a 10 km (da esquerda para a direita) e a segunda de 0 a 20 km (de baixo para cima). A largura da nuvem não deve exceder 3 km. A espessura da nuvem deve ser de no máximo 10 km. O primeiro raio aparecer será o raio interno da nuvem 1, em seguida o raio da nuvem 2 para a nuvem 1 e por último o raio da nuvem ao solo.

Este último raio acontecerá da seguinte maneira: na nuvem surge gradativamente um raio, ramificado a cada 0,05 km, até ficar a uns 3 km do solo. Em seguida surge do solo em direção ao raio um outro raio, não muito grande e menos intenso. Quando estes se encontram a tela se tornará um clarão para então voltar tornar-se um raio sem muitas ramificações (quase reto), da nuvem ao solo e então desaparecer.

Diagrama de uma nuvem com raios intranuvem, nuvem-nuvem e nuvem-solo.

Tempo = 0 ms: A ponta de um líder escalonado de um raio aparece no canto superior esquerdo da imagem de vídeo.

Tempo = 1 ms: Podemos perceber no lado direito da imagem outra ponta deste líder.

Tempo = 2 ms: As duas pontas têm uma mesma origem na nuvem de tempestade, que não aparece na imagem.

Tempo = 3 ms: Elas buscam no seu movimento descendente um ponto de contato com o solo.

Tempo = 4 ms: A ramificação esquerda leva a direita e está prestes a completar o caminho da descarga.

Tempo = 5 ms: A ramificação esquerda completa o caminho entre a nuvem e o solo. Toda a corrente elétrica é transmitida por ela e resulta luz e produzida neste momento.

Tempo = 6 ms: A corrente elétrica diminui e o canal do raio vai aos poucos perdendo a sua luminosidade.

Agora o grupo vai elaborar um storyboard, com base nos roteiros desenvolvidos na atividade anterior. Analisem os textos produzidos por cada um e coletem as melhores explicações e ideias.

Pense num circuito como o representado nas figuras, composto por um interruptor, uma lâmpada, um fio de cobre e uma pilha. O que ocorre no interior do fio desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes.

Os quadros a seguir são destinados a produção do storyboard. Caso seja necessário mais folhas, solicite ao seu professor.

Título:	Nº da cena:
(Texto / Audio)	(Vídeo / Imagens)
(Explicações sobre a ação)	

ANEXO 06 - Orientações ao professor para atividade 03

Sugestão de atividade que pode ser pedida como extra classe antes do desenvolvimento da Atividade 03

Orientar aos alunos que entrem no site <http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/rived/rived-modulos-de-ensino-e-objetos-de-apredizagem>, assistam a animação “Entrevista com o Elétron” e respondam as seguintes questões para entregar:

1) Considere a experiência do canudinho eletrizado apresentada na animação. O canudinho atrai vários pedacinhos de papel. Após certo tempo, os pedacinhos de papel começam a cair. Com base na animação, dê sua explicação para este fato.

2) Na animação, quando o Elétron entrevistado faz a experiência do canudinho com J.J., diz que o canudinho não é ímã, porque não atrai as mesmas coisas. Como você explica, com base na animação, a diferença entre o canudo eletrizado e o ímã?

Atividade 03

Deve ser realizada em sala de aula. Uma das maiores dificuldades que o aluno encontra está na abstração dos conceitos de corrente, campo e força elétrica. Isto ocorre porque a “visualização” mental do que ocorre no interior do fio exige que se imagine uma estrutura atômica que não é observável empiricamente. Uma vez que a teoria da eletricidade é baseada na compreensão da carga elétrica e do movimento ou disposição de cargas em um material.

Objetivos:

Auxiliar o professor que quer ensinar a corrente elétrica, a diferença de potencial, a resistividade. Esta atividade é uma estratégia para que o aluno aplique cada um desses conceitos numa situação que exige que imagine a estrutura da matéria. A atividade é dividida em duas partes porque na primeira o aluno deverá escrever o que imagina e na segunda, além de confrontar sua resposta com a dos colegas, terá de imaginar um sucessão de cenas que exigirá que exponha detalhes de sua explicação.

Pré-requisitos:

Pode ser aplicada no 3o ano do Ensino Médio.

Os conceitos de circuito elétrico, corrente elétrica, diferença de potencial e resistividade.

Atividade 03 – Parte 01

Envolve a escrita de um roteiro que exige imaginação e deve ser realizada individualmente em sala de aula.

Tempo previsto para desenvolvimento:

É prevista 01 aula.

Elementos podem aparecer nas respostas dos alunos:

1) Imagine um circuito como o representado na figura, composto por um interruptor, uma lâmpada, um fio de cobre e uma pilha. O que ocorre no interior do fio desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes.

As respostas podem focar na compreensão do conceito de corrente a partir de um circuito elétrico simples que estão acostumados. Para responderem podem ser convidados a pensar em outras perguntas como por exemplo: como surge a corrente elétrica? O que acontece dentro de um fio condutor? O que é corrente elétrica?

É importante que saibam que os elétrons do fio condutor movem-se na direção da lâmpada porque se estabelece uma ddp entre os pólos da pilha. No interior do fio temos uma “nuvem” de elétrons livres desordenados; quando esses elétrons adquirem organização e se dirigem para uma direção e sentido preferencial, empurrados pelos elétrons que de um dos pólos, temos um fluxo de elétrons que constitui a corrente elétrica.

Como se interpreta, eletronicamente, a passagem de eletricidade através do fio? Dizemos que pelo fio passam elétrons. Porém, os elétrons não percorrem totalmente o fio condutor, eles vão empurrando os "elétrons livres" que existem no fio condutor, até que obrigam um certo número de elétrons, igual ao que entrou por uma das extremidades, a sair pela extremidade oposta. A existência desses "elétrons livres" no fio condutor deve-se

à constituição química do material de que é feito o fio. Metais, por exemplo, apresentam um grande número de elétrons livres os quais, por não estarem presos ao núcleo dos átomos, têm muito mais facilidade de movimentar-se, garantindo assim o movimento de "empurrão" de uns elétrons sobre os outros. Ao contrário, existem materiais, como a borracha, que não possuem elétrons livres. Seus elétrons permanecem sempre ligados aos seus respectivos núcleos, não podendo, dessa forma, transmitir movimento para outros elétrons, também presos a núcleos.

Para os elétrons se movimentarem é necessário que sejam atraídos por uma extremidade do condutor, tal como os papeizinhos eram atraídos pelo canudo. Chegando lá eles devem ser removidos para a outra extremidade do condutor, fechando o circuito. Para esta operação despende-se energia. Esta energia elétrica pode ser conseguida a partir de uma outra forma de energia, como a energia química das pilhas ou a energia mecânica das quedas de água, que transformam energia mecânica na energia elétrica das usinas hidrelétricas. Também a energia elétrica pode transformar-se em outra forma de energia. É o caso da energia luminosa, que se origina no filamento da lâmpada quando é percorrido por uma corrente elétrica e o caso da energia calorífica de um chuveiro elétrico.

Para conseguirmos que o filamento da lâmpada emita luz devemos deixá-lo a uma temperatura acima de 1500 C. Para suportar esta temperatura devemos usar como material do filamento o tungstênio (o ferro fundiria) e deixar o filamento longe do oxigênio do ar (caso contrário ele queimaria). Para isto ele é colocado no interior do bulbo da lâmpada, onde se coloca gás que não contenha oxigênio (nitrogênio puro) e baixa pressão. Essa baixa pressão faz a lâmpada implodir com um "baque" quando ela cai no chão.

Atividade 03 – Parte 02

Envolve o desenvolvimento de um Storyboard, similar o que foi feito com a “Entrevista com o elétron” e exemplificado no corpo da atividade. Trata-se de uma atividade complexa e deve ser feita em grupos de até 4 alunos.

Nesse momento os alunos deverão discutir o roteiro que elaboraram na primeira parte da atividade e chegar num consenso com objetivo de prever e elaborar as cenas do

Storyboard que permitem desenvolver o roteiro e explicar com auxílio de elementos além dos textuais a situação pedida.

Tempo previsto para desenvolvimento:

São previstas 02 aulas.

ANEXO 07 - Atividade 01 - Escola A

2) Imagine que um dia você acorda e os elétrons dos objetos ao seu redor "estão em greve", isto é, eles não estão produzindo os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. Considerando que os átomos de seu próprio corpo e de seus colegas continuam "agindo" normalmente, descreva tudo que poderia acontecer ao seu redor. Escreva no mínimo uma página.

ALUNO N. 21

Você acordaria normalmente, faria sua higiene pessoal, iria tomar banho e beberia água. O chuveiro está frio, então você tentaria descobrir o que aconteceu, iria a caixa de força e verificaria que nada está funcionando, as luzes não estão acendendo, a televisão não liga, o computador não funciona, então você se preocupa com o que está e vai até o seu carro porém ele não liga também, mas não tenta acendê-lo pois o portão da garagem não abre nem manualmente nem com o controle. Então você decide ir de ônibus, mas hoje não está passando ônibus, na verdade não os veículos na rua. Você acaba um pouco ansioso, decide passar numa loja para comprar água gelada, porém está a informação que as refrigeradoras e geladeiras também não estão pegando igual a da sua casa. Você continua o seu caminho até as ruas, e estranha pois não ouve, nenhum som de veículos, televisões, e não vê luzes acesas também, você imagina o que aconteceu e que será que ouve, talvez tenha sido um apagão, então finalmente chega as ruas, mas não tem como haver ônibus pois por alguma razão desconhecida não tem energia. É você percebe que não a como descobrir o que está acontecendo não a meio de receber informações também pois nada funciona, as celulares não ligam, e então começa a se desesperar pois como você sabe quando as coisas voltarem ao normal, como irão conservar os alimentos que precisam de refrigeração, e banhos quentes também estavam impossíveis no momento, pensando nas diversas fontes de tecnologia.

ALUNO N. 22

Considerando que os objetos ao meu redor estão sem a ação dos ultrons, e apenas os do corpo humano estão agindo normalmente, podemos observar que quando ligamos a TV ou o computador, a imagem não aparece, logo os pelinhos do nosso braço ou cabelo não se "puxam" para a tela da TV ou computador. Mas, quando tocarmos em alguém no meio das compras no supermercado, podemos sentir um pequeno choque, o que é ocasionado pelos ultrons, que estão presentes em nosso corpo.

Quando chegamos em casa, e nos preparamos para tomar um banho, notamos que aquele choquinho a estamos habituados a tomar, não acontece mais.

Logo começa a chover, mas não há raios no meio da tempestade. Isso ocorre porque o ultron, que é o responsável por mandar os raios não está produzindo seu efeito, e muitos fenômenos deixam de ocorrer.

Não podemos esquecer também das experiências feitas em sala de aula, pois se acaso os ultrons não produzirem seu efeito como de costume, o canudo atirado no papel toalha jamais iria impulsionar ou puxar o canudo que está pendurado na porta da lousa.

Podemos não perceber, mas o nosso dia-a-dia iria mudar muito sem a ação e reação dos ultrons, seja por eletrização por atrito, contato ou indução.

ALUNO N. 23

Dom isso é difícil responder, pois nunca
 houve essa situação. O que acontecia, seria em
 pouco porque se iria ter duas pessoas carregadas
 com elétrons, ou seja eu e meu colega. E não
 teríamos que agir passando nos elétrons
 para os objetos ou não manuseá-los, para
 que possam ser carregados. Seria que não batia
 de carro quando doaba, para que esse carro volte
 a funcionar, precisávamos de um outro carro
 com bateria furto a ele a chupeta. Após os
 dois carros deixarmos ali, ocorre a partir daí
 o procedimento de fazer o outro carro funcionar,
 o mesmo acontece com os elétrons, para que
 um certo objeto ou matéria funcionem vamos
 estar sempre passando dos elétrons. Eles agem
 como uma carga. O mesmo aconteceria com
 a situação citada no questionário. Não há amor
 que carregos os objetos ao novo objeto, para que
 possam obter energia. Assim cita o texto, as experiências
 como a do pente, as pedacinhos de papel, canudos,
 bexiga de papel. Outro exemplo que inclui os elétrons
 é a pilha comum que usamos dia-a-dia,
 quando descarregada. Um com um acionador
 que é o carregador, colocando a pilha no
 carregador e deixando diretamente na tomada e
 depois passar algum tempo, a pilha vai estar
 carregada de elétrons, ou seja de negativo (-) e
 positivo (+). Seria assim se uma dessas situações
 ocorresse. Estávamos passando nos elétrons ou
 seja os elétrons para os objetos que estão em
 grilo. Que não estão carregados. São situações
 como isso que vemos em alguns pontos do
 novo dia-a-dia. Em mecânica, metalúrgica,
 indústria etc.

ALUNO N. 32

Pela minha concepção, se os elétrons ao meu redor estivessem em quese, eu imaginando que como por exemplo, a imagem da TV ficaria desconfigurada, pois acredito que, como ela tem em equilíbrio as cargas poderíamos ver as imagens em nitidez, acho que com a falta desses elétrons os partículas ficariam sem ter um controle, não haveria ligação, onde não conseguiríamos ver imagem alguma, eu não viramos tudo embaralhado.

No caso de que meus átomos e de meus colegas continuassem agindo normalmente, acho que nosso corpo, ficaria com muito carga, os outros objetos com pouca, e haveria uma atracção como, ocorre no caso de, que quando nós atramos em um papel toalha um coneado, no qual ele fica supercarregado, e chegamos perto de outro corpo sem nenhuma carga, para poder ocorrer o resultado da atracção. No entanto nosso corpo, não um objeto de atracção, que iria atrair os outros objetos ao nosso redor.

Deixa um esse equilíbrio natural, onde há um controle entre estes corpos, eu imagino que os outros materiais quodariam em nossos corpos por causa da atracção de cargas negativas e positivas, pois seriam os únicos doadores de elétrons para os outros materiais menor fornecedores de electricidade.

ALUNO XX

O que poderia acontecer não, que não aconteceria
 não funcionaria nada, nem televisão nem
 luz, a eletricidade não existe sem os elétrons
 e prótons, aparelhos com bateria ou pilha também
 não funcionaria, o mundo iria acabar. Por
 tudo do nosso redor é a base ou funciona com
 ajuda de elétrons. Como não funcionaria, não
 teria coisas sólidas, não teríamos água para
 beber pois a água precisa de elétrons para ter
 sua consistência, o espelho não refletiria mais,
 tudo não funcionaria tudo que seria sólido
 não seria sólido o que era líquido não
 seria líquido nada teria consistência. O mundo
 seria um caos, tudo mundo apertado, seria uma
 estorototal, todo mundo chorando que nem loteria
 não estaria funcionando, nem consigo emocionar como
 seria o mundo sem os elétrons funcionando é
 uma possibilidade impossível, não sei se consi-
 guíamos viver sem os elétrons tudo funciona
 com eles nossas vidas acabaria, sem comida
 sem água, sem chuva, sem frio, sem nada
 seria o fim final, o fim dos tempos,
 nossos corpos seriam de elétrons pois os
 materiais de tudo? se pudesse a gente ficar
 sem elétrons, seria que morreríamos? Não sei
 mas não seria normal, não tem como explicar
 tudo que aconteceria em tudo isso de lenho
 desculpa professor mas tente que, imagine algo
 fora do corpo essas coisas, o senhor é muito Rigido.
 e os elétrons em grade? seria uma catástrofe
 no planeta, eu particularmente não conseguiria
 viver, eu não conseguiria mecher no celular nem
 no computador, de mais não conseguiríamos
 viver de mais, não teria luz, sem TV, sem NET,
 o fim do mundo o fim de tudo. O senhor
 le mesmo todo trabalho? Onda bem que
 vou ser engenheiro em vez de professor. Resumen-
 te não funcionaria sem eles, não a base para tudo
 nesse planeta fim

ANEXO 08 - Atividade 02 - Escola A

De repente o núcleo de um átomo some! O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons "sentirem" a ausência dos prótons e neutrons?

ALUNO N. 02

"É o núcleo sumiu! O núcleo de um átomo desaparece de repente e os elétrons do mesmo rapidamente percebem e entram em pânico. Com o desequilíbrio o átomo fica instável, os elétrons então terão que descobrir uma forma de localizar o núcleo e descobrir porque ele desapareceu enquanto correm o risco de o átomo se desfazer devido a falta de núcleo. Os elétrons de toda a locomoção em elétrons descobrem que o mesmo está acontecendo em outros átomos deste corpo. Quando os elétrons finalmente descobrem o que aconteceu com o núcleo do seu átomo e tudo depois e o átomo se desfaz antes que os elétrons possam revisar os demais elétrons que estão em átomos sem núcleo".

ALUNO N. 11

sentirem a ausência dos prótons e neutrons?

"O sumiço do núcleo"

O núcleo de um átomo sumiu. Desde então os elétrons vem vivendo sem seus companheiros os prótons e neutrons. Eles se conhecem e vivem juntos ainda bem antes dos cientistas comprovarem sua existência e construir um modelo científico para representá-los.

Os elétrons perceberam que os fenômenos provocados por eles não estava acontecendo mais, assim sentiu a falta deles e viu que a ausência de qualquer um faria uma diferença quando algo fosse carregado através do abito entre os materiais que possuem elétrons e prótons.

Os elétrons ficaram fracos e começaram a tomar um remédio que fez com que o núcleo voltasse.

ALUNO N. 16

Em uma experiência os cientistas perceberam que o núcleo do átomo some! Então quando o átomo tiver umos fúrios os elétrons e neutrons começam a parecer algo diferente, por isso a eletrificação de não começa mais assim, eles começaram a ficar sem valor, mesmo os cientistas, apavorados com os meios, copias, procurando e procurando, quando em fim achou o dono do entronado para outro átomo,

assim então, eles com os seus materiais e separaram e colocaram no seu devido lugar. os prótons e os elétrons sem forças para agir, quando viu o átomo chegando em seu caso, correram e se fundiram no ele. Assim tudo se tornou perfeito, usando suas traessuras (propriedades).

ALUNO N. 30

Um átomo é composto de elétrons, prótons e neutrons. Mas de repente os neutrons e prótons somem ficando sem núcleo. Como isso aconteceu, se torna a pergunta mais feita no mundo. A falta do núcleo é percebida imediatamente pelos elétrons. Agora eles se perguntam como poderão ser chamados de átomos se não tem sua parte mais importante? Como os elétrons poderão ser transmitidos pela eletrificação se o elemento que os mantém junto sumiu? Cientistas, agora, fazem

de tudo para investigar esse desaparecimento. O que será que aconteceu? O núcleo foi levado ou realmente se foi?

ALUNO N. 31

Atomo sem razão de existência
O átomo perde seu núcleo perdendo assim os prótons e neutrons deixando os elétrons sem saber quem está acontecendo, sem terem mais o poder de produzirem energia não significam mais nada dentro da família dos átomos.

ANEXO 09 - Atividade 01 - Escola C

2) Imagine que um dia você acorda e os elétrons dos objetos ao seu redor "estão em greve", isto é, eles não estão produzindo os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. Considerando que os átomos de seu próprio corpo e de seus colegas continuam "agindo" normalmente, descreva tudo que poderia acontecer ao seu redor. Escreva no mínimo uma página.

ALUNO N. 03

Caso isso acontecesse os objetos a nossa volta, se tornariam basicamente como o ferro, que é um material mais resistente, e um corpo, que um material mais resistente, mas os elétrons eles teriam praticamente a mesma resistência e então seriam objetos mais pesados, e até a água? Como o ferro, bem, os elétrons não exerceriam a energia nem a elasticidade estática, então todas as reações de detecção para a criação da energia no corpo, também impulsiona que ondas eletromagnéticas seriam utilizadas no corpo dia a dia.

Se a água não possuísse elétrons a vida do ser humano seria drasticamente diferente, não seria possível a "unidade" de objetos, nem a transformação da água, ou se quer a possibilidade de andar normalmente sobre a terra, onde tudo seria diferente com facilidade e tudo mais, mundo seria possível além de conservar com outros pesos normalmente, onde tudo é "fácil", ali mesmo a vida.

ALUNO N. 06

Caso um dia eu acorde com os "elétrons em greve" e os do meu corpo e do corpo dos meus colegas continuem agindo normalmente, as coisas ao nosso redor iriam se desmanchar, ou seja, nada iria ficar junto. Além disso não seria possível obter luz, nem obter sons.

O fenômeno de que tudo se desmancharia se dá pelo fato de que a matéria é constituída pela força que existe entre os átomos das moléculas da matéria. Já os fenômenos como o caso de pássaros, componentes de cargas, entre outros fenômenos de natureza desse tipo são explicados pela força de interação entre os átomos.

Se um dia isso acontecesse, quase nada iria existir e o "mundo" iria desmanchar.

ALUNO N. 07

além de não haver a formação de partículas radioativas, isto é, sem elétrons não haveria radioatividade.

Texto para leitura individual e discussão em grupos - Entrevista com o Elétron

através, consequentemente luz, além de principalmente sem eletricidade, sem luz, sem tecnologia.

Questões para resposta individual:

1) Baseado no texto anterior e em seus conhecimentos, faça uma lista de fenômenos que podemos verificar em nosso dia-a-dia que são baseados nas propriedades do elétron. Liste no mínimo 8 fenômenos.

- 1) Atirar na tela da televisão
- 2) Raio na tempestade
- 3) Choque em maçanetas
- 4) Canudo grudando em papéis
- 5) Canudo grudando na parede
- 6) Raio de luz refletido num espelho
- 7) Estalar na televisão
- 8) Calculadoras de base solar de energia

2) Imagine que um dia você acorda e os elétrons dos objetos ao seu redor "estão em greve", isto é, eles não estão produzindo os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. Considerando que os átomos de seu próprio corpo e de seus colegas continuam "agindo" normalmente, descreva tudo que poderia acontecer ao seu redor. Escreva no mínimo uma página.

sem o elétron no dia-a-dia, toda a matéria física que formamos o objeto, a matéria, as moléculas e substâncias, não seriam compostas, fixas, pois como disse a texto a matéria é formada pelos átomos que são compostos por prótons, nêutrons e elétrons.

sem o elétron as moléculas seriam desfeitas, alteradas, não fixas, não aglomeradas, com a dispersão dos elétrons, os átomos estariam dispersos e não formariam matéria, não poderiam se unir para formar uma substância, dessa forma não se formaria materiais concretos como um tijolo, ou uma pedra.

Além disso, sem a formação de substâncias, sem os elétrons a matéria não poderia produzir a troca de carga, entre qualquer tipo de material, pois se não tivermos um material energizado positivamente e outro negativamente não haveria troca de cargas, sendo assim não haveria transferência delas, não haveria transferência de energia.

sendo assim os materiais, as substâncias, os compostos não poderiam nem produzir, nem transmitir corrente elétrica, não haveria raio, luz, relâmpago, induções de energia, entre um material e outro. Sendo assim sem elétrons não há indução eletromagnética, força de atração e etc. não haveria campo magnético, não há eletricidade, sem eletricidade não há luz.

Nada teria cessado, a organização das cargas elétricas nos corpos, o que ~~os~~ mantêm unidos, iriam se separar nos momentos, talvez, os iriam se separar como uma coisa de corpo.

Os ímãs perderiam ~~seus~~ suas forças magnéticas e pararia de atrair o ferro, seria basicamente inútil, já que muitas funções do nosso mundo atual dependem dessa força magnética.

Não haveriam mais raios, já que a força de atração que faz ele subir ou descer, não existe mais.

Após atrair o corpo, não haveria troca de elétrons e consequentemente, eles não iriam se atrair.

Os computadores já não funcionariam, já que eles se empalhamam, ou não iriam ligar, já devido a falta de eletricidade.

A luz, não teriam ~~as~~ refletidas da mesma maneira, já que os elétrons que ficam sobre a superfície de ~~um~~ alguns corpos, não "funcionam" mais.

Basicamente, a única coisa ~~que~~ que continuaria normal no nosso mundo, seriamos nós, os seres humanos, já que os órgãos e células não usam normalmente um res

ALUNO N. 10

NO MOMENTO QUE EU RECORDARIA, O RELÓGIO DESPERTADOR NÃO IRÁ TOCAR, IRÁ ENTRAR NO CHUVEIRO E TERIA QUE TOMAR UM BANHO FRIO, PORQUE A ÁGUA NÃO IRÁ ESQUENTAR, DEPOIS, TENTARIA PEGAR O METRÔ, QUE NÃO ESTARIA FUNCIONANDO, DEPOIS TENTARIA PEGAR UM ÔNIBUS, QUE TAMBÉM NÃO ESTARIA FUNCIONANDO, ENTÃO TERIA QUE VIR A PÉ PARA A ESCOLA, E QUANDO EU CHEGASSE LÁ A LUZ NÃO ESTARIA FUNCIONANDO, E TERIA QUE TER AULA NO ESCURO, DEPOIS DISSO, TERIA AULA DE COMANDOS ELÉTRICOS, MAS NÃO CONSEGUIRÍAMOS TER AULA PRÁTICA.

ALUNO N. 21

Se era situação (absurda) realmente acontece a eletrônica, não existem "trabalhando", modo que começamos existiria porque tudo é formado por prótons e nêutrons, que são "constituídas" por prótons e nêutrons, no núcleo e elétrons nos camadas, uma aconteceria porque o quântico físico existe.

ALUNO N. 24

Como as eletrões de todos os objetos e fenômenos utilizam de folga e as únicas condições naturalmente raras, as da água de chuva e a luz.

O mundo não existia historicamente.

Para para um corpo se manter junto um eletrão tem que estar funcionando, as mãos e os olhos em que piscamos não existiam, mas lá as onde ficamos, a luz e a luz não teria luz, nem os, nem nada, sendo o mesmo, mas

Eletrões e a luz

ALUNO N. 26

Tudo em meu redor estaria mais frágil, por que não haveria eletrões para "cimentar" a resistência dos materiais e / ou objetos.

Quanto mais eletrões juntos, mais resistente ele seria.

Sólido Líquido Gasoso

Eu acordaria e pegaria o calor para quando, as roupas e o calor no armário, ele se desintegraria e eu, como o outro anjo que disse:

que aconteceu?

Depois disso, peguei minha roupa e ela se desintegrou nas minhas mãos; Pensei:

- Pô, se isso está acontecendo comigo, os outros também devem estar na mesma.

Quando fui pra escola, tive que ir à pé por que não havia energia elétrica.

Chegando na escola, minha roupa (menos a cueca) desintegrou-se.

Todos na escola estavam de roupa íntima.

ALUNO N. 37

As forças mantêm as partes do novo corpo unidas, são de origem elétrica. Todas as partes de tamanho comum têm uma força de ligação entre as partículas constituintes, por isso são ~~coerentes~~ ruminantes, não e outras coisas ficariam mais, frágeis. Não poderíamos usar nada elétrico na hora de-a-dia. Não seria possível produzir pilhas, nem nada metálico, por sem uma força não poderíamos fazer resfriamentos de quitação. Tudo que fazemos nas indústrias não teria a forma desejada, pois necessitaríamos de uma modelação, e sem uma força, seria impossível ~~para~~ uma modelação utilizando os soldas que são feitos de eletrões.

Na química toda não desintegraria, pois não poderíamos fazer qualquer que seja a experiência química sem a uma força. Também não haveria algum fenômeno na natureza, como a luz, que necessita de bilhões de eletrões para se produzir.

ANEXO 10 - Atividade 02 - Escola C

De repente o núcleo de um átomo some! O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons "sentirem" a ausência dos prótons e neutrons?

ALUNO N. 04

"sentirem" a ausência dos prótons e neutrons?

Em um mundo paralelo, imagine uma população de átomos que vivem tranquilamente, quando algo estranho acontece, de uma noite para outra todos os ~~átomos~~ núcleos desaparecem. Os elétrons começaram a ficar desorientados, começando a se espalhar pela universo a procura dos núcleos. Grupos foram formados para buscar e resgatar os núcleos, dentre um grupo N destaca-se a companhia de resgate aos núcleos, a C.N., formada pelos elétrons-aviões que podem sentir os prótons a distâncias longas, passando por várias dificuldades e aventuras, eles finalmente descobriram o que ocorreu naquele dia, mas foram

Atividade Individual: Elaboração de STORYLINE

por uma grande dificuldade, todos os elétrons trabalharam juntos para salvar os ~~restos~~ núcleos.

ALUNO N. 05

Atividade Individual: Elaboração de STORYLINE

"O mundo: Na cidade de Estampala, a população era constituída de elétrons (cidadãos) que andavam com seus átomos em volta do governo (núcleos) que era formado por presidente, ministros de uma comissão que organizavam a cidade, os membros da comissão eram os prótons e neutrons. Era a época de eleições para o novo presidente e os membros da comissão tinham paixão com várias cidadãs e todos tinham felizes com seus amados. Até que um dia, todos os membros da comissão morreram, depois de certo tempo, os cidadãos começaram a perceber, e infelizes, começaram a procurar novos ~~parceiros~~ parceiros, mas nunca dando certo, pois eles se repelião, e com o tempo, os elétrons começaram a deixar a cidade em busca de seus amados membros da comissão.

ALUNO N. 09

"sentirem" a ausência dos prótons e neutrons?

Em um dia em que os elétrons giram sem parar, em volta do núcleo de um átomo de repente acontece uma tragédia e o núcleo some e os elétrons saem voando para todas as lados sem saber o que aconteceu fazer. Então o campo magnético que existia

Atividade Individual: Elaboração de STORYLINE

antes tem que ser criado novamente, para poder atrair os elétrons.

Porém quando o núcleo do átomo é reconstituído os elétrons já estão muito longe, pois eles saíram voando imediatamente quando o núcleo sumiu.

E agora o núcleo ficou sem o elétron para sempre! veja no próximo episódio. :)

Obs: O elétron rodava em volta do núcleo pois havia uma força de atração do campo.

E após o núcleo sair segundos depois os elétrons se dispersam, pois o núcleo não atrai mais.

ALUNO N. 15

De uma forma simplificada o núcleo do átomo some, e após um certo tempo os elétrons presentes nele sentem a falta dos prótons e neutrons e fica sem saber o que fazer ele entra em dispersão, sem rumo nem vida e sem ter por quem se atrair acaba fugindo, para a vida por aí, sem vida nem beira, cada dia em um lugar.

ALUNO N. 20

Em um laboratório de Química Física/Biofísica, um cientista chamado Flávio Gomes dos Santos, resolveu fazer uma experiência. A experiência era o efeito túnel, ele pegou um metal, de um átomo, e retirou os elétrons dele. Quer saber o que acontece com os elétrons, quando este núcleo desaparece.

Então Flávio fez a experiência, e viu que o núcleo emite o campo elétrico, que atrai os elétrons, sendo que o núcleo só contém prótons e nêutrons.

Se o núcleo, emite o campo elétrico, e é ele que atrai os elétrons, então se ele sumir, estes elétrons, vão procurar outro átomo para se ligar, é por esse processo, que demora um pouco de tempo, mas em um tempo curto, quando estes elétrons sentirem que o campo elétrico, sumiu, os elétrons procuraram, outro átomo para se ligar, fazendo ligações covalentes, onde covalência é quando, com o auxílio, os elétrons, principalmente, se em um átomo, falta 2 elétrons, 5 elétrons e etc.

Então Flávio concluiu que se o núcleo de um átomo sumir, os elétrons vão se realinhar por serem covalentes, e farão ligações covalentes com outros átomos.

e Esta foi a experiência do Cientista, "Flávio Gomes dos Santos".

Um átomo possui um núcleo e elétrons ao seu redor, um dia um núcleo sumiu!

Outros do núcleo sumiram, os elétrons ficaram ao seu redor, quando o núcleo sumiu, após um tempinho os elétrons começaram a se dispersar.

O tio Kabeen diz que tem uma força que mantém os elétrons girando, um dia sem o núcleo não se espalham ali o ponto que eles ficam parados e não podem influenciar, e não são influenciados.

Só na falta de uma força os elétrons começaram a se espalhar e se espalhar ali ficaram isolados.

ALUNO N. 25

O átomo do sistema Solar.

A estrutura atômica é constituída por prótons, elétrons e nêutrons, sendo o P^+ em porcentagem do núcleo. Podemos comparar o átomo com o nosso sistema solar, onde o Sol é o núcleo do sistema. Nesse documentário apresentaremos uma teoria que remete ao desaparecimento do núcleo do átomo.

Desde os meados foi proposta, por um grupo de cientistas, a hipótese do núcleo dos átomos sumirem, se formos uma analogia com o sistema solar em relação ao átomo o núcleo seria o Sol. Como o núcleo sumiu o Sol iria sumir, assim como os elétrons não perderiam a conexão com o núcleo do átomo, se o Sol sumisse, os elétrons ~~se~~ giram quase que a velocidade da luz (c) em uma forma elipsal, se o núcleo sumisse os elétrons depois de um pequeno período de tempo começariam a parar em uma ~~direção~~ direção retilínea, no Sol sumisse os planetas começariam a ter uma influência maior entre eles, um orbitando o outro, ~~de~~ podendo se atrair por a falta do Sol.

Os prótons são responsáveis pela identidade do elemento, assim como os fótons nucleares no Sol. Se o núcleo desaparecer, já que ele é responsável pela massa do átomo, a matéria com que não idêntica. E tudo não tem a sua forma. Nesse documentário apresentaremos um texto mais aprofundado, e tentamos a ilustrar presença do elemento Elétron.

ALUNO N. 32

sentem a ausência dos prótons e nêutrons.

Após um misterioso sumiço do núcleo, os elétrons desesperados saem a cargo deles do sequestrador. Com uma reação imediata a falta de seus amigos causa uma desordem e desespero. Sem a ajuda de seus amigos que estavam no núcleo, eles se veem sozinhos em uma trajetória reta.

This summer

Elétron

ALUNO N. 37

"sentirem" a ausência dos prótons e neutrons:
Elétrons em EU SOU A LENDA

Elétrons, prótons e neutrons vivem normalmente no átomo, quando misteriosamente prótons e neutrons somem de forma inesperada. O tempo eletrônico nem com eles, e os elétrons se dissipam, é um caos para os elétrons, pois não podem ficar juntos. O mundo fica um caos, e os elétrons precisam se unir para continuar suas funções. Mas os elétrons não conseguem trabalhar individualmente, pois os prótons e neutrons eram o

Atividade Individual: Elaboração de STORYLINE

que deixaram juntos. Infelizmente eles não conseguem e é o fim do mundo. Mas depois de muito tempo um elétron cria uma teoria que os elétrons ainda podem fazer uma sociedade, apenas de cargas iguais. Os elétrons ~~querem~~ querem uma teoria, mas não se comprometem. Então o elétron decide de viver, e tentam fazer experiências de clonar para a reserisar prótons e neutrons, mas todos os testes ~~foram~~ foram perdidos de tempo, pois todos falharam. E até hoje vivem sem prótons e neutrons, apenas longe um dos outros.

ANEXO 11 - Atividade 03 - Parte 01 - Escola C

Pense no interior de fio condutor de eletricidade desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes.

ALUNO N. 02

Era um dia pacato na ~~de~~ vila do Fio Elétrico, com seus habitantes, os Congelões. Todos viviam tranquilamente suas vidas, até certo dia. Nesse dia, algo incrível aconteceu, um fenômeno inespiciável para todos, uma força invisível queria que todos os Congelões seguissem um certo caminho. Os Congelões tentaram resistir a essa força porém era impossível todos largaram os seus afazeres para seguir o caminho imposto pela força.

Os Congelões passaram dias andando em linha reta, estavam cansados e famintos, e mesmo assim continuavam andando contra sua vontade. Finalmente os Congelões chegaram a uma grande estrutura, eles não sabiam o que era, mas continuaram mesmo assim. No centro da estrutura havia um acúmulo de Congelões tentando passar por uma pequena região, o ~~problema~~ ~~problema~~ problema é que a região era muito resistente e dificultava a passagem dos Congelões.

No entanto, a força exercida por eles era tão grande que eles romperam a resistência e alguns foram mais além, alguns, de tanta força, ficaram tão quentes que se transformaram em luz e fugiram do campo invisível que os prendia.

Aqueles que continuaram presos ao campo, ainda sendo guiados pela tal força, andavam tanto que acabaram voltando a Vila do Fio Elétrico e a força, assim como veio, desapareceu misteriosamente. Os Congelões que retornaram agradeceram por estarem vivos e a salvo, porém temem que o fenômeno volte a acontecer.

ALUNO N. 03

O Sol

Estava arrastando muita mal, estava de férias, era a hora de viajar em direção ao sol. Todo esse, na eletrônica, pegava uma viagem em direção ao Sol onde pegamos muitos carros e tanta coisa e tantos caminhos.

Quando chegamos, na trilha parecíamos a caminhar, onde os elétrons pareciam a mesma distância, chegam ao sol.

Os elétrons como mais de metade o tempo sempre ficam muito alta e não vão ultrapassar o carro, como se existisse um campo que o impede de ir, mas atrai outros elétrons, deixando de totalmente alinhado.

No caminho os elétrons podem ver do outro lado as "correntes" re- tornando do sol. O defeito de chegar ao sol é impedir que ele apague, pois um o sol, não existe energia. Cada elétron recarrega um pouco o sol, e para recarregá-lo totalmente, precisa todos os elétrons.

O caminho é sempre muito longo demora cerca de 6 horas para chegar, pois ainda tem que, a distância é de 200 Km. Após essa longa jornada cada elétron se "sacrifica" em prol do sol onde vai se apagar quando a cidade para de mandar a com impedindo que o elétron se alinhe com outros elétrons, pois não conseguem. Mas a caminho que o ele- tron, assim o sol vai se apagar novamente, e no momento a acender quando o elétron se alinhar.

ALUNO N. 06

Um dia, um camarada amigo da Estevam esta numa sala escura, pois não havia achado o interruptor para acender a luz. Ele estava intrigado em achar o interruptor quando bateu numa divida curiosa: Como que funciona para a lâmpada acender, começando a partir do interruptor que não estava achando.

Nessa hora chegou o Estevam e adentrou na sala escura junto com seu camarada e logo acendeu a luz apertando o interruptor porque já sabia onde este se localizava. Foi nesse momento que seu amigo lhe perguntou como que funcionava e ele respondeu contando uma história.

- Imagine que uma bomba é solta no meio de uma cidade. Essa bomba vai deslocar as pessoas por um raio muito grande e rapidamente. Quanto mais potente, mais forte será o deslocamento.
- A mesma coisa acontece com o interruptor. Quando aperta- mos, é liberada uma energia, que faz com que os elétrons se desloquem, formando a corrente elétrica e quando o campo elétrico
- Entendeu? Perguntou Estevam ao seu Camarada.
- Entendi sim! Respondeu seu Camarada dando um forte abraço e agradecendo.

ALUNO N. 07

ELABORAÇÃO DO ROTEIRO DE UMA ANIMAÇÃO

Uma semente, uma luz

Pense no interior de fio condutor de eletricidade desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes.

Certa vez havia uma família de mudança, seus integrantes eram pai, mãe e Nicolas um garoto de seis anos, durante a mudança os pais de Nicolas aproveitaram para ensinar-lhe melhor sobre as coisas da nova cidade, e da nova casa, pois se mudaram da cidade para o campo. Durante o caminho Nicolas viu uma plantação de laranjeiras, e ficou em dúvida, como uma simples semente se torna uma planta?

Perguntou a seu pai, mas este disse que depois o explicaria melhor.

Às chegar a noite Nicolas e seu pai estavam no novo quarto de Nicolas, já estava tarde e ainda haviam algumas coisas para serem montadas como o espelho do interruptor, o pai de Nicolas, o disse que no dia seguinte terminaria de montar. Foi então que uma dúvida chegou à cabeça de Nicolas.

O que acontece para que uma lâmpada acenda com um simples toque no interruptor?

Antes de ir dormir o pai aproveitou-o para fazer a pergunta.

Seu pai falou para ele com expressões indagativas de como pudesse explicar aquele processo para um garoto de seis anos, então disse que iria pensar e no dia seguinte o explicaria.

Nicolas passou a noite toda pensando como seria, sua curiosidade era maior, pensava em várias formas mas não conseguia encaixá-las em um contexto comum. Isso também era devido sua cabeça de seis anos desconhecia de muitos conhecimentos abstratos como aquele. Na manhã de manhã pensava naquela forma.

No dia seguinte o pai de Nicolas depois de pensar muito, teve uma grande ideia. Conseguiria explicar respondendo as duas perguntas de Nicolas com uma interpretação fácil e prática. Pegou o carro e levou até a plantação de laranjeiras que tinham visto no dia anterior.

Às chegarem lá, seu pai o assegurou que da mesma forma que a planta cresce, a luz, ao poucos chegou a lâmpada. Então pegou uma pá, as sementes e um regador e fez Nicolas

plantas, durante a procura seu pai o explicou. Ele, imagine que o fio seja como a terra deia dessas sementes que aqui você plantou, elas ficam desorganizadas assim como "as sementes dentro do fio", ao apertarmos a batata nós damos "Força" para que elas fiquem juntas umas de lado da outra, assim como essas lavanjiros, o denodo da terra você pode ver, essa força é a água que você depositou. Quando a semente bebe água fica forte e começa a crescer e a tirar raízes, que encaixariam numa das outras, no fio as sementes têm suas raízes e dividiriam sua água uma para cada uma, pois gostam de se ajudar, dentro do fio também porém como no fio há milhares de sementes a água será passada de forma bem rápida.

Depois de passarem água uma para a outra elas começaram a crescer e a se tornar plantas no fio elas não cresceram elas vão passar toda sua água para apenas uma semente, que fica na lâmpada, quando essa semente tiver bastante água irá crescer e ter frutos, assim como a luz que acende na lâmpada.

Como se todas as lavanjiros daqui não fossem grandes e sim sementes dentro da Terra e no final, lá no final da Terra houvesse apenas uma lavanja que crescesse e desse frutos.

Ao apertarmos a batata nós tiramos a água da planta, nós tampamos a passagem de água, a planta fica sem água e morre. Quando apertamos de novo abrimos a passagem de água e ela volta a ficar em pé como a luz.

Muitas entendem dos conceitos que jamais esquecer, desde então aprender sempre que esquecer.

As cargas elétricas estão no fio da boia tirando um cochilo, quando um extraterrestre vem e aperta um botão que está conectado ao fio, as cargas sentem um shock e começam a andar, e o campo elétrico faz com que elas andem uma atrás da outra no mesmo impulso, impulsionadas todas indo em direção há um fio que parece transparente quando de repente, eles chegam ao fio e ele começa a desaparecer com as cargas e o fio acende uma luz muito forte.

Depois desse acontecimento todas as cargas ficam andando pra lá e pra cá, até que o extraterrestre volte e aperte o botão de novo para elas pararem de tomar shock e poderem dormir de novo.

ALUNO N. 10

Os eletrons funcionam como num quartel, onde quando não tem serviço os Soldados estão festejando, desordenadamente, brincando e dançando.

Quando o Interruptor é pressionado, os Soldados param de festejar e todos ficam alinhados.

Logo após, entra o Capitão, e diz:

- Sentido!

E todos respondem:

- Sentido!

E o Capitão continua:

- Hoje, teremos uma missão rotineira, apenas ~~acender~~ acender a luz.

E nisso fala um dos Soldados:

- Senhor, como vamos fazer isso sem o auxílio do Sargento Campos?

- Ele não está aí?

- Não senhor, acho que estamos sem energia, por isso ele não está aqui.

- Vou verificar, mas por enquanto, dispensados!

E por isso a luz não acendeu. Mais tarde naquele dia:

- Sentido! - disse o capitão.

- sentido! - responde a tropa

- Vamos fazer o serviço rotineiro.

Então disse o Soldado:

- Mas senhor, O Sargento Campos está aí?

- Sim ele está, é só ~~acender~~ ligar o interruptor que ele chega.

Nesse momento, chega o Sargento Campos.

- Vamos lá capitão?

- Vamos, Soldados, Sentido! Preparar para missão.

E nisso, os Soldados ~~vão~~ viajaram pelo fio, com a ajuda do Sargento Campos e acenderam a lâmpada.

ALUNO N. 11

Pão, um homem muito estudioso e inteligente vive em sua casa e ao ~~acender~~ acender ele acende a luz, mas mal sabia ele que o processo desde o momento em que ele aperta o interruptor até a luz acender não era tão simples como ele pensava, então pão foi pesquisar um pouco mais sobre o mundo dos elétrons dentro de um fio para acender a luz.

Em um planeta distante chamado eletrolândia vive uma galáxia e a fiolândia, haviam elétrons ~~em~~ despetos, um tipo na mão, relaxados. Não queriam nada com nada na vida. Até que um dia suas vidas mudaram.

Em um fenômeno que ocorreu na galáxia da fiolândia, na qual a galáxia recebeu uma grande quantidade de energia, afetando diretamente o planeta eletrolândia. Foi um grande caos em eletrolândia pois os habitantes de lá começaram a sofrer com a grande energia recebida, então, não poderiam mais viver de forma que eles viviam e não poderiam morrer.

Então o governo de eletrolândia tomou uma decisão que atingiria toda a população, ~~em~~ na qual todos os elétrons deveriam se organizar em fileiras para que esse fenômeno devastador passasse e ~~o~~ esse fenômeno de energia passando, poderia "iluminar" o mundo novamente.

Então assim foi, os elétrons se organizaram em fileiras, a energia pôde passar chegando até a luz que está no final da galáxia fiolândia e assim o mundo voltou ao normal pois a "lâmpada do mundo" está iluminando ~~os~~ os lugares novamente.

ALUNO N. 12

Um camarada aqui tem acendido a lâmpada.
 Um camarada muito legal, estava na sua casa, de repente ele foi para o quarto, só que o quarto estava escuro, então o camarada começa a procurar o interruptor para acender a lâmpada, e então ilumina seu quarto, quando ele acha o interruptor, o camarada aperta o interruptor.
 PENSAM NISSO! O general João que é o campo elétrico acorda seu batalhão de soldados e organiza o seu batalhão em fila dentro do fio.
 — Batalhão em frente! — falou o general.
 Então seu batalhão começa a se mover, então vão girando até a lâmpada para acender ela, com o batalhão se movimentando girando a terra, então a lâmpada acende.
 O camarada (com a lâmpada) então acende a lâmpada com a ajuda do general João e seu batalhão.
 O camarada estava então no seu quarto estudando, com a lâmpada acesa, de repente a luz apaga, o camarada fica triste, porque a luz apagou, e ele então começa a investigar.
 Investigando depois de muito tempo, ele descobre que o batalhão de soldados está todo desorganizado, e então ele tenta descobrir porque isso aconteceu, então ele descobre que o general morreu, por isso os soldados estão desorganizados, por isso a luz apagou.
 Então o camarada começa a ficar desesperado, para encontrar um novo general. Então ele acha o general Pedro e ele organiza os soldados de novo, e a lâmpada volta a acender.

ALUNO N. 14

Estava eu em meu quarto, junto com minha esposa, quando fomos surpreendidos por nosso filho de 4 aninhos que dizia: - PAI, OH PAI, Porque quando eu apinto esse negócio a luz acende?

Eu como um bom pai, parei e fiquei pensando, como que iria explicar... Pensei e resolvi criar uma história, mas o menos ruim.

Filho, um certo dia um carinha conseguiu unir um foguete para um ele foi comprar os ~~peças~~ peças, mas percebeu que estava mais ~~caro~~ caro quando se comprou o foguete inteiro, e foi um o que fez, comprou muito e levou para seu quintal. Quando colocou o foguete no quintal observou que havia vários fogueirões, um do lado do outro tudo desorganizado na vidua de Fialdiz. U quando o foguete observou ler o manual que dizia para ligar a vidua de Fialdiz no tomado, foi o que fez. Quando ligou ele percebeu que um dia tocou em fialdiz e todos fazem um longo filo e dançante ouvindo o Silverio Stalene gritando: - Pulam em filo, pulo vai, vai, quando não parem, na ~~um~~ extrema extremo do filo ouvindo o Dudi dizendo:

Vamos buscar os batatos quentes e vai passando na frente o objeto de brincadeira, até o Gode passar até que chegue ao fim do fio. No momento de Fiolândia até a cidade dos foguetelândia, e Gode um dos habitantes enfileirados ~~seus~~ tinham uma mochila grande em um canto, e o Nide não parava de jogar objetos, brincando de batato quente. Quando o primeiro objeto chegou ao fim do fio o foguete ligou a ~~luz~~ mas o foguete não voou porque o fio não curtiu. Quando ~~desligou~~ o fio percebeu que o brincadeira parou e o Silvester-Stone foi embora e todos os habitantes voltaram a fazer outras coisas e ficaram expulhados pela cidade e é mais ou menos isso que ocorre lá, mas no lugar do foguete, é uma vózinha.

- A volu pomai.

Fun

Os elétrons estão em sua casa, o fio, em um sono profundo. Eles não em muito, quase não sabem na casa. Dormem amontoados.

O interruptor é acionado. Todos acordam assustados. A tensão é liberada, criando um campo eletromagnético - que força os sonolentos elétrons a se ordenarem lado a lado.

Os primeiros da grande fila começam a receber energia, que fazem a transferência da mesma para a próxima - surgindo assim a corrente elétrica, que seia o fluxo de cargas.

Tua energia transferida pelos elétrons chega até a lâmpada, ~~que~~ ~~ela~~ ~~ela~~ fazendo que ela acenda. A lâmpada receberá 1 Joule a cada 1 Coulomb que a atravessa.

Depois da energia passar pela lâmpada, ela continua circulando pelo circuito impedindo que os elétrons voltem a dormir.

ALUNO N. 23

Luz

Ele estava de pé, estava escuro. Não conseguia entender porque estava lá; ele sentiu algo no bolso; ele retirou uma lanterna e acendeu. Mesmo possuindo iluminação, não conseguia enxergar seu caminho; então agora parecia notar que estava em um túnel escuro.

Era um homem médio, magro, trazia uma sacola preta e jeans, seus olhos eram brancos. Ele ficou ali por um tempo até que ele sentiu algo ao suas costas que seus cabelos da nuca arrepiaram, ele ouvia barulhos distintos e um ar seco passando por ele.

Virou-se e se deparou com algo que não queria; campos elétricos chocavam-se um contra os outros e um ruído de acorde como se aproximavam, uma corrente rápida e poderosa. Porém havia algo que parecia pier, sentiu se erguendo do chão vagarosamente em formas distintas entre humanos e animais, viscosos e que geravam uma tensão que tentava segurar as cargas e se aproximando do homem.

Ele fez o que podia, começou a correr muito, sentindo o ar quente e carregado eletricamente ao suas costas. Ele sentia alguns choques enquanto corria, deixou a lanterna cair no chão. Estava assustado, queria gritar mas não conseguia, mãos, pés, etc tentavam prendê-lo mas por muito pouco conseguia escapar umos dois em três segundos.

Surpreendeu-se ao ver uma saída no final, ele se animou e começou a correr mais ainda, onde acabou pondo numa cúpula gigante de vidro com duas portas em seu centro que eram ligadas por um fio. Entrou em completo total, não podia voltar, a carga estava próxima e não havia escape. Ele fechou os olhos e esperou.

A hora chegou e seu corpo queimou instantaneamente, revelando toda a alta voltagem que acendia lâmpadas de uma sala vazia.

ALUNO N. 25

Como acontece?

Éra uma vez, bolas que eram carregadas. Elas não sabiam muito pequenas e de massa desprezível. Elas são controladas pelos campos elétricos. Quando desparece o campo a intensidade, e elas com que se liberam e se movem. O interruptor torna a ser usado. O interruptor controla a energia elétrica da lâmpada fazendo com que elas pulsem para uma lâmpada mais intensa, depois a energia fundamental da lâmpada faz com que a energia se libere-se por forma de energia "luz". Os elétrons de carga $-$ como se formam uma corrente da carga, a corrente $-$ e a quantidade a medida elétrica e não deida a carga física, a corrente $-$ quando os elétrons passam com uma quantidade de energia por segundo (A), a voltagem, a quantidade de energia tem individualmente. Quando se liga o interruptor a lâmpada faz com que os elétrons se movam. No caso de uma lâmpada 220V ligada em paralelo não se liga em luz "máxima".

ALUNO N. 26

Título: Os Elétrons no calor

Éra uma vez, um... MILHÃO de cargas no calor, todos dormindo tranquilamente.

Éti o "Mamor" acordou todas as cargas com um interruptor (que elas tanto o- deiam).

Todos os dias... a mesma coisa, dorme, acorda, dorme e acorda.

Um dia, as cargas se irritaram tanto que invertiram a função do interruptor (ao invés de ir para a lâmpada, elas vão para o Mamor que acende o interruptor).

No dia seguinte após a mudança das cargas, o Mamor, ao acender a lâmpada, ele, obviamente, tomou um choque.

Depois do choque que o Mamor tomou, elas comemoraram por que depois disso o Mamor foi embora.

No dia seguinte, após o choque, as cargas estavam dormindo, até o Mamor chegar e acender a luz. As cargas, confusas, pensaram como ele conseguiu sem tomar choque.

Porque do campo elétrico, descobriram que ele usava luvas de borracha.

Irritadas, as cargas se uniram e quebraram o interruptor e tocaram o calor nele. Com tanta energia no corpo, as cargas o transformaram o Mamor em carga.

Todas as cargas, então, começaram a bater nele e, acidentalmente, passaram tanta energia que a carga explodiu. As outras cargas em volta do Mamor também começaram a explodir até o ponto em que a Terra também explodiu.

Fim

ALUNO N. 29

ELABORAÇÃO DO ROTEIRO DE UMA ANIMAÇÃO

TÍTULO: UM SHOW DE LUZ

Pense no interior de fio condutor de eletricidade desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes.

Os elétrons agem como pessoas; a corrente elétrica seria como uma fila de pessoas; o campo elétrico é como se fosse a animação das pessoas; o palco da casa é a lâmpada; e a banda é o interruptor.

As pessoas já estão no espaço do show, porém bem calmas sem pressa, bem lentas. Assim, que a banda começa a entrar no palco, as pessoas se agitam, se animam e começam para chegar perto do palco. Quando a banda termina de entrar, as pessoas, que estão super empolgadas, chegam perto do palco. Dali para frente, as coisas tomam o rumo que nós conhecemos.

Com o fim, podemos concluir que a partir do momento que você aperta o interruptor até quando a luz acende, os elétrons estão mexendo-se com uma velocidade muito pequena, ao apertar o interruptor, os campos elétricos aparecem na velocidade da luz (quase instantaneamente), os elétrons acabam "acompanhando" um aos outros, o que faz eles se mexer rápido e acende a luz muito rapidamente. Mesmo a lâmpada não emitindo uma luz visível, ela é aquecida com uma temperatura muito elevada e assim, ela se torna incandescente.

ALUNO N. 36

ELABORAÇÃO DO ROTEIRO DE UMA ANIMAÇÃO

Elétrons

Pense no interior de fio condutor de eletricidade desde o instante em que você aperta o interruptor até o instante em que a luz acende. O que acontece? Descreva e explique em detalhes.

Quando alguém aperta o interruptor todos sabem que a luz acende por conta da resistência e corrente elétrica. Mas não é bem assim. Na verdade isso é um fenômeno que acontece por conta dos Elétrons. Os Elétrons são pequenos demonizinhos que ficam aprisionados em uma cúpula de Vidro, ~~por~~ por um mago. Eles eram usados como atracadinhos de uma pequena cidade do interior. Um dia com o grande aumento de turistas eles ficaram muito agitados e fizeram com que caísse um raio em sua cúpula de Vidro, rompendo-a e soltando todos pela cidade. Eles se instalaram em todas as fiação elétrica e aparelhos daquela cidade. Com o tempo eles se espalharam por todo o mundo fazendo com que todas as fiações funcionem de acordo com sua vontade ou seja, a luz se acende quando eles querem. Os cupagões alertam quando estão muito irritados, e quando eles estão se propagando, é normalmente quando acontecem os surtos elétricos. Bem agora você já sabe como a eletricidade funciona. Agora você deve tomar cuidado quando se aproximar de fiação, ou procurar saber algo que você não gosta, porque se eles não gostarem de você podem fazer a eletricidade se dispersar e atingir as pessoas. Alguns dizem que já chegaram a ver as matérias ligadas em um ambiente normal, muitos dizem que foram como pilhas superdesenvolvidas, com pernas e braços, olhos e bocas. Outros dizem que parecem pequenos demônios com uma "aura" elétrica em volta do corpo. Por isso tomem cuidado de não se encolher.

ANEXO 12 - Atividade 01 - Escola D

2) Imagine que um dia você acorda e os elétrons dos objetos ao seu redor "estão em greve", isto é, eles não estão produzindo os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente. Considerando que os átomos de seu próprio corpo e de seus colegas continuam "agindo" normalmente, descreva tudo que poderia acontecer ao seu redor. Escreva no mínimo uma página.

ALUNO N. 01A

Se os elétrons entrassem em greve, nós sentiríamos muito a falta deles no nosso dia-a-dia, isso poderia ter pontos negativos, por exemplo: quando ocorre uma tempestade e cai raios, podem causar vários acidentes, atingindo árvores, casas, carros e até mesmo pessoas, onde podem se cair gravemente ou até mesmo levar a morte, ou se uma pessoa está tomando banho e algo com eletricidade está ligado na tomada e a pessoa tem contato com este objeto, esta pessoa vai ser eletrocutada num alto nível de eletricidade, provocando até mesmo a morte, estes são exemplos de que a ausência de elétrons poderia salvar vidas.

Várias outras coisas em nossa vida são graças a base de elétrons que produzem energia, como a televisão.

Mas eles também tem seu ponto positivo eles ajudam bastante com exames para prevenir de doenças, ajuda também na tecnologia, sem os elétrons não existiria praticamente nada, pois quase tudo que utilizamos em nosso dia-a-dia precisamos da ajuda dos elétrons. Os elétrons são muito importantes e essenciais em nossa vida, mais do que para eles entrarem em greve.

ALUNO N. 07A

Tudo estaria parado sem no mínimo se não houvesse alguns centímetros, tudo em nosso redor que é ligado a eletricidade estaria "desligado", relógios parados, televisões que não ligariam, computadores que não teriam condições de se renovar ligar, e nem mesmo conseguiríamos ligar para alguém em nossos celulares, pois nem eles funcionariam.

Muitos trabalhos ficariam sem sentido, imagine um bombeiro trabalhando em um mundo que não exista fogo, ou um médico que não teria como fazer uma operação delicada porque seus equipamentos não funcionariam, ninguém saberia a hora de entrar ou de sair do trabalho, tudo ia ficar confuso.

Todos ficariam doídos, tentando entender o que ocorre com tudo, e a única explicação possível seria, os elétrons entrarem em greve!

ALUNO N. 08A

Se as eleições mudarem do novo modo muitas coisas do novo cotidiano serão mudadas radicalmente.

Um exemplo disso é que muitas coisas poderiam ser feitas já que sem as eleições não haveria a estrutura e muitas pessoas deixariam de fazer atividades as vezes em um fim de semana por exemplo, ou em uma temporada atingido por um caso. Também seria diminuída as ocorrências de acidentes que muitas vezes ocorrem por culpa eletrônica. Basicamente, muitas coisas deixariam de ocorrer ou se fizessem com a estrutura ou estrutura de maneira diferente.

Mas também não diminuiria muito o novo modo pois seria muito dependente dele em novo dia-a-dia já que ele está presente em quase tudo que nos rodeia. Sem as eleições não teríamos energia e sem energia não teríamos eletrônicos não teríamos para tudo, um exemplo disso são os celulares, TVs, computadores, geladeiras, fogão elétricos, e até mesmo as lâmpadas que tinham que ser trocadas por tudo para diminuir o custo. E muitas pessoas acabavam morrendo por falta de energia as equipamentos dos hospitais dependiam de luzes e as máquinas não tinham estruturas suficientes para todas as coisas, principalmente das pessoas maiores, ou até mesmo para fazer exames de prevenção. Sem as eleições toda a tecnologia que as pessoas desenvolviam ali hoje para tudo não passaria de um monte de lixo sem utilidade alguma.

Por isso tudo podemos perceber que as eleições são fundamentais em nossas vidas tanto nos ajudando em todas as coisas cotidianas, facilitando o novo dia-a-dia e sem a presença delas praticamente nada seria possível já que tudo do novo modo é formado por eleições.

ALUNO N. 11A

Provavelmente ao acordar sua cama e o chão ao seu redor estavam cheios de despertadores. Como alguns irmãos estavam atrasados por que a bateria de nosso despertador não funcionou, meus celular não estava funcionando e não poderíamos conversar com os outros para saber o que estava acontecendo.

Tudo que envolve eletricidade de alguma forma estava sem uso, os irmãos caíam da geladeira e ao tentar fazer a experiência do comudo com os papéis nada iria acontecer.

Talvez tudo que pode ter ocorrido com muita força provavelmente iria iniciar fogo, não havia forma de apagar o fogo. Leste de manhã pois não havia água e assim não havia fogo.

Não poderíamos ligar nossos TV nem computadores, quando fizemos que ir para a escola nenhuma lâmpada, panel, nenhumo estava funcionando, a escola estava completamente escura.

Os hospitais tinham vários problemas nas operações e com aparelhos das pessoas, o caminho dos bombeiros seria mais fácil pois não havia fogo.

se eu acordasse e os eletrônicos tivessem
 um grave erro e os meus colegas não
 conseguissem assistir televisão.
 Não há como poder jogar vídeo game não
 poder mecher nos computadores, temos
 Banha na água quente.
 Agente não se tem nada para fazer a
 dia inteiro.
 ninguém fica sem jogar e dia
 inteiro isso é acontecer de não
 terem os eletrônicos, lá se muito
 difícil ficar sem as tecnologias
 que existe hoje em dia
 mais o de nossa corpo é continuo normal
 agente é que tenta se divertir com as experiências
 que a professora nos ensina.
 A professora ensinou a de condução
 que girava quando um atomo carregado de
 elétrons partiu. Incrível que um ser humano
 de eles se sentia atraído, mas é a
 fazer as suas experiências legal para
 passar o tempo.
 imagine as pessoas sem os eletrônicos
 pra sempre aí todas as coisas dadas por
 não com algum uso as tecnologias.
 É não é da pra viver sem os
 eletrônicos.

ALUNO 21A

Não acordou cedo e vai para a escola chegando lá estavam os professores e os alunos da aula. Os materiais sumiram, as cartelas, as cadeiras, a lousa. Tudo ao redor deles, a luz do sol. A utilidade nada pegou, celulares, os computadores todos estavam apertados, ninguém sabia o que estava acontecendo. A vida estava sem graça. E ninguém queria ficar dessa maneira, pois sem eletrônicos no nosso lado não teria graça. Os alunos ficaram tristes e do nada tudo volta ao normal. Os celulares voltam a funcionar, os computadores começam a ligar, tudo começa aparecer. Os alunos ficaram muito felizes por não terem graça sem os eletrônicos, sem a utilidade e todos ficaram sem entender o porque tudo tinha acontecido assim, e que não achavam nada de legal. Mas não aconteceu.

Logo no outro dia a professora Linda chega e vê tudo o que tinha ocorrido e tenta explicar mas nada que eles possam ter algum sentido. A professora de física diz que tudo suspenso que falta a falta de eletrônicos que fez com que tudo isso acontecesse.

A professora até ficou feliz, pois foi um assunto muito interessante em que ele pode falar sobre a eletrônica.

E assim foi o dia deles, aprendendo um pouco de matemática, os alunos se interessaram mais e disse a professora que não queria que isso acontecesse nunca mais.

ALUNO N. 22A

Em um dia normal como qualquer um, na cidade de Nuremberg, duas jovens Karina e Luana estavam em suas casas descansando, quando algo muito estranho aconteceu, em um dia de muito chuva. No fim da tarde quando tudo parecia normal, de repente tudo perde o sentido e tudo se não está como estava, está tudo sem eletricidade, as tempestades não são mais as mesmas, com seus raios e trovões, a vida dos países está sem luz e sem vida, as duas ficam desesperadas e saem andando na rua, igual duas loucas, não sabendo o que estava acontecendo.

Elas não se conformavam com essa mudança, que tão desrepente aconteceram, perguntaram para todos e ninguém sabia nada, e não sabiam solucionar.

Quando desisti tudo volta ao normal, tudo volta a ter sentido, e a vida dos países volta novamente ao seu lugar.

Dião se passam, tudo está em ordem, porém elas não se conformam com o que tinha acontecido. Então sendo duas Luana estava conversando com seu pai, que lhe falou, e começa contar o que estava pensando. Seu pai começou a dar risada, e fala que ele não precisa se preocupar pois ele sabia o porque de tudo isso.

Ele explica que tudo perdeu o sentido, tudo ficou sem lógica porque os elétrons por um momento perderam o seu valor. Se não existisse os elétrons as propriedades das matérias não iriam existir, muitos fenômenos como cheques, raios, não iriam existir.

Luana muito feliz com a explicação, foi correndo contar para Karina. As duas ficaram mais tranquilas e sabendo que sem os elétrons a vida não seria mais a mesma.

Muito felizes porque tudo voltou "como era", pesquisaram mais profundamente a importância dos elétrons em nossos dias.

Apesar do adorno da incrível experiência elas não queiram, mas notadamente em suas vidas.

ALUNO N. 25A

Em um certo dia, Karen, Karina e as suas amigas estavam em uma praia, se divertindo, nadando e brincando, na cidade de Santos, em férias.

Já nos seus primeiros dias de férias, acontece algo totalmente inesperado, todas as coisas mudam, perdem seu verdadeiro sentido, fica tudo desorganizado, a eletricidade das coisas nemem, não há mais energia em nada, tudo fica escuro, pois é noite e não existe mais eletricidade nenhuma, tudo fica muito estranho, e para piorar a situação começa a chover bem forte porém não existem mais raios e trovões.

Karen e Karina se questionam o que está acontecendo com as coisas, quando percebem que nada está normal, e logo em seguida chamam suas amigas e comentam sobre o assunto, todas muito assustadas pensam em uma forma de descobrir o que está acontecendo, porém não descobrem nada.

Após alguns dias de muita preocupação e de desespero, o dono do hotel em que as garotas se hospedam, faz um comunicado a todos os hóspedes que haverá reunião com um cientista que explicará o que estava acontecendo nesses últimos dias, o cientista explica que os elétrons perderam seu valor, e por isso não há mais energia, raios e trovões, ele explica que tudo pode voltar ao normal de repente, ou nunca mais voltar.

Dois dias depois ao acordarem Karen e Karina percebem que tudo voltou ao normal, e no seu verdadeiro sentido, e tudo volta como era, e assim elas e suas amigas terminam suas férias, felizes por tudo voltar como antes, e relatam que essa foi as férias mais interessantes de suas vidas, e que elas jamais irão esquecer, porém não quer que isso ocorra novamente nunca mais, além da experiência incrível que tiveram na praia. Anos depois publicam um livro contando tudo que aconteceu, e a importância dos elétrons em nossas vidas, e tornaram-se bastante conhecidos, hoje elas são cientistas, formadas e fazem estudos aprofundados sobre os elétrons.

Como em um filme, tudo a realidade passaria por momentos de pura magia, onde apenas nos existiríamos num vazio enorme. Mas a física explica que não é possível, pois usamos átomos de átomos como tudo o que nos rodeia.

A física é a imagem que temos de acordamos e apenas vemos átomos existirem, tudo como se estivessemos flutuando, mas não vemos átomos para se formar o todo. Nada existe além de nós mesmos, a física, o computador, o rádio, a televisão e consequentemente, nem a cor, que eu sou, acredito.

Tudo, para átomos, e se tem átomos, tem elétrons logo, e os elétrons lutam constantemente, não passam apenas de palavras, pois a falta de átomos, faz com que, qualquer objeto, ou, um ou matéria não possa existir no mundo.

A física explica, todos os fenômenos que eu poderia passar se um dia o elétron não existisse.

Agora, se perguntarmos a por que dos elétrons se dispersam, não há, na dúvida que a força de atração negativa que mantém o elétron, e a força em alguns mas se o elétron não em geral, não haverá um mundo.

Com isso, nada poderia existir o mundo não um vazio enorme, onde apenas eu mesmo sou o único existente do planeta.

ALUNO N. 31A

O que unia acenticos, provavelmente eu e meus colegas acordaríamos irradiados por tudo que precisa de um átomo, e isso não seria legal, porque estaríamos atirando até os vidros, por que os vidros precisa de prótons, e os prótons giram ao redor de um átomo.

Mas por uma parte seria bom, por que passar por essa experiência seria bem interessante, até com os objetos estariam funcionando sem os prótons.

Imagine eu e meus colegas andando pela rua, e atraindo todos os objetos que precisam de elétrons, uma experiência seria única, por que a nossa energia estaria passando para os objetos. Provavelmente ficar cheio de papéisinho picado no corpo não seria agradável, e também andar com a nossa blusa de lã dando estática não seria bom, mas como os elétrons estaria de greve, e eles precisam de algo com energia, acho que minha blusa, ia explodir, porque há muitos elétrons do nosso redor e eu não estaria vendo eles.

Como eles estão de greve, eu imagino que neutrons e átomos estariam com suas cargas mudadas, e com isso nós conseguiríamos fazer coisas que até hoje ninguém conseguiria, seria bem legal, atravessar a parede, fazer com que o sólido e o gasoso se misturassem, passar pelo corpo de outra pessoa, muitas coisas iam acontecer se os elétrons dos objetos, estivessem de greve.

O nosso eletróscopo ia ficar acendendo e apagando sem parar, quando nós chegassemos perto eu acho que ele iria até queimar com tanta carga negativa, e portanto que nós estaríamos liberando para o nosso eletróscopo. Essa experiência seria, bem interessante.

ALUNO N. 07B

Este mundo tem que viver e compete por partículas que unindo umas as outras criam moléculas e finalmente que vivem por causa de átomos. Eu compete por um núcleo, prótons, nêutrons, elétrons que é muito importante para produzir eletricidade.

Se acontece, de não ter esse equilíbrio, por causa da falta de elétrons que vivem um com o outro e não sabe como ainda possuem átomos ainda teria mudanças na natureza e em tudo que a natureza tem criado de forma perfeita. Uma das consequências seria a perda da corrente elétrica nas células. E toda célula iria começar a morrer, pois não teria a gravidade, que a mantém parada onde está.

A terra iria sair fora da órbita sem a perda da atmosfera, e não teria mais os fenômenos que um corpo causa no outro, a atração e repulsão não aconteceria, seria como se não existisse que não ganham um péde, não teriam propulsão.

Toda a qualquer matéria é constituída por pequenas partículas que são os átomos, assim se os elétrons que fazem parte de um átomo pararem há sempre a matéria desapareceria.

Os elétrons fazem parte da eletricidade, a qual é de extrema importância para a vida na planta.

Uma vez que, tanta energia criada pelo homem quanto a energia, natural e compete por elétrons, sem a energia criada pelo homem causaria um desastre total, e sem a energia solar, talvez não teria vida.

E é que compete tudo e a função de átomos, portanto um equilíbrio iria surgir por este motivo.

ALUNO N. 10C

Acordei um dia e estava com preguiça de abrir os olhos, foi nessa hora que percebi que o despertador não tocou, deduzi que ele havia quebrado.

Quando tomei banho e do chuveiro não saía água, a televisão não estava funcionando, não tinha celular.

Fiquei me sentindo perdida, me esqueci, minha mãe acordou e me falou que os eletrônicos estão em greve, tudo fica muito estranho. Como seria a vida após isso?

ANEXO 13 - Atividade 02 - Escola D

De repente o núcleo de um átomo some! O que acontecerá e quanto tempo vai demorar para os elétrons "sentirem" a ausência dos prótons e nêutrons?

ALUNO N. 01A

O núcleo de um átomo desapareceu e os elétrons vão demorar 8 minutos para sentir a sua falta dos prótons e nêutrons, quando os elétrons percebem a falta dele, se forma uma confusão, porque os elétrons giram em torno do núcleo para passar o nível de energia para outro elétron, sumindo, a órbita ao redor do núcleo, ele não produz mais energia, porque o elétron não pode fazer a órbita no núcleo.

ALUNO N. 05A

Desaparecimento do núcleo de um átomo: Um núcleo de um átomo sumiu e os elétrons provavelmente demorará 8 minutos para sentir a ausência dos prótons e nêutrons, mas quando os elétrons percebem a ausência dele, gera uma confusão, pois os elétrons giram em torno do núcleo para passar um nível de energia para outro elétron, sumindo assim, a órbita ao redor do núcleo, não produzindo mais energia, pois o elétron não pode fazer a órbita em volta do núcleo.

ALUNO N. 07A

No núcleo de um átomo desapareceu do nada, com isso todos seus elementos e substâncias, desapareceriam se de repente giram em milésimos de segundos ou até mesmo tempo que isso e no sem os núcleos ficam com que tudo sumisse, carros, carros, móveis, tudo, o nosso planeta sumiu, sem o núcleo o planeta ficaria "Puff". A única salvação é evitar o sumido dos núcleos.

ALUNO N. 08A

O Desaparecimento do núcleo de um átomo: Os elétrons precisam manter uma densidade de nuvens para parecerem que o núcleo do átomo existe, ou seja, que o próton e nêutron estão presentes. Mas quando eles percebem o sumiço dele se tem início uma confusão por "os elétrons querem se tornar do núcleo para passar um nível de energia para outro elétron, sumindo assim a pista do núcleo. E assim não se produz mais energia, já que o elétron não pode passar a pista ao nível do núcleo.

ALUNO N. 09A

"Um ser diferente" átomo é o pequeno protagonista deste storyline; Em um belo dia como qualquer outro o núcleo de um átomo nem! Seus componentes prótons e nêutrons desapareceram um em frações de segundos, os elétrons se espalham no ar e o átomo deixa de existir, e como num passe de mágica, tudo ao redor se desfaz.

ALUNO N. 12A

Um núcleo de um átomo pareceu da nada com isso todos os seres da natureza e em milésimos em segundos tudo ao redor se desfaz que isso, ao sumir os núcleos fizeram com que tudo sumisse casas, carros, móveis, etc. O nosso planeta sumiu. Sem o núcleo o planeta fazeria "luff". A única solução é evitar a sumição dos núcleos.

ALUNO N. 13A

"um ser diferente" átomo é o pequeno protagonista deste storyline; Em um belo dia como qualquer outro o núcleo de um átomo nem! Seus componentes prótons e nêutrons desapareceram e em frações de segundos o átomo se espalham no ar e o átomo deixa de existir.

ALUNO N. 19A

Em alguns momentos, em átomos de um elemento de repente
começa de suas estruturas, com íons e elétrons que
se encontram, em momentos desse núcleo demora
alguns segundos para sentir a ausência dos
prótons e nêutrons e após isso os elétrons que
circulavam em torno desse núcleo se separam e vão
se procurar de outros núcleos.

ALUNO N. 24A

Um núcleo tem um átomo nome. Demora
alguns segundos para os elétrons
sentir a ausência do próton e nêutron
e os elétrons que circulavam
em torno do núcleo se separam e
vão se procurar de outros núcleos.

ALUNO N. 25A

Num certo dia, Karen, Karina e suas amigas estavam
na praia, se divertindo, quando de repente elas veem
os coqueiros se desfazendo e sumindo, curiosas
com o acontecido elas vão procurar saber a causa
dos coqueiros terem sumido, e descobrem, que o que
aconteceu foi que os núcleos dos átomos dos coquei-
ros sumiram assim fazendo o coqueiro desaparecer,
em instantes.

ALUNO N. 28A

"Um ser diferente" átomo é a pequena protagonista deste
story line; Em um belo dia como qualquer outro núcleo de um
átomo home! Seus companheiros prótons e nêutrons desaparecem
em fração de segundos os elétrons se espalham na ar e o átomo
deixa de existir, e como num passe de mágica, tudo con-
tudo se desfaz.

ALUNO N. 29A

"De repente... sem núcleo". Átomo, é como o protagonista
deste pequeno story line. Tudo começa quando um dia,
como qualquer outro na vida do personagem,
o núcleo do átomo home! Seus companheiros principais
prótons e nêutrons se despedem, e em poucos segundos
os elétrons se espalham no ar, fazendo o átomo deixar de
existir.

ALUNO N. 30A

Desaparecimento de um núcleo: Um núcleo de átomo sumiu e provavelmente os elétrons demoraria 8 minutos para sentir a ausência dos prótons e nêutrons, mas quando perceber isso, acaba acontecendo uma confusão porque os elétrons que giram em torno do núcleo para passar um nível de energia para o outro elétron, e cada um desses níveis seria por uma órbita ao redor do núcleo e ele sumiu.

E então os elétrons não podem produzir mais energia porque não pode fazer a órbita em volta do núcleo e assim perder nem ganhar energia, fazendo com que os elétrons se dispersem e formando um novo átomo e os elétrons que em torno de outro núcleo de forma semelhante ao giro de um planeta em torno do sol.

ALUNO N. 31A

Provavelmente se o núcleo de um átomo sumisse, os elétrons demoraria 8 minutos para sentir a ausência de prótons e nêutrons, mas quando o núcleo do átomo perceber, acaba acontecendo uma confusão porque os elétrons giram em torno do núcleo, e se sumisse quem iria passar energia para outros elétrons.

E cada um desses níveis seria uma órbita ao redor do núcleo, mas com o sumiço dele não haveria órbita e nem prótons e nêutrons, fazendo com que os elétrons não pudessem produzir energia por que ele não conseguiria fazer a órbita em volta do núcleo e assim

ALUNO N. 32A

Imagine a humanidade assim como ela é mas de repente tudo some, tudo desaparece, sem motivo nenhum. O que aconteceu, porque aconteceu?

Uma resposta que se pode dar para isso é se o núcleo do átomo sumisse assim do nada é uma coisa muito louca de se imaginar os elétrons vagando pelo espaço vazio. Mas ~~quando o núcleo~~ quanto tempo demoraria para os elétrons demoraria para perceber que esse núcleo sumiu? Praticamente nem demora nada o elétron está tão perto do núcleo que em nanossegundos ele já perceberia a ausência do ~~ele~~ átomo.

Agora tenta imaginar o nada, o vazio? É o que seria ~~o~~ um mundo sem o átomo.

ALUNO N. 06B

" O pumino de um núcleo: Na Terra os átomos tem um papel importante por tudo é constituído por átomos. Seu núcleo serve como o sol e que fornece energia para os planetas, os núcleos para os elétrons e prótons.
 E se por algum acaso o núcleo de algum átomo sumisse os átomos parariam, mas os elétrons vão ventarem na ausência dos prótons e nêutrons após alguns milhares de segundos assim como o sol se ele parasse de funcionar os planetas se sentiriam seu sumir após alguns segundos ou minutos.

ALUNO N. 13B

O núcleo como consequência de uma desequilíbrio no átomo, após alguns dias os elétrons percebem a ausência dos prótons e nêutrons. Com isso os elétrons ficam dispersos em um espaço e eletrificando negativamente, consequentemente tudo fica eletrificado tornando assim uma distância muito grande entre os elétrons por ficarem em desequilíbrio, após felicemente eles encontram um objeto com carga positiva (como o sol), campos de elétricos. Um fórmulo e^- atrai a positiva voltando assim tudo ao normal.

ALUNO N. 23B

consequência a ausência dos prótons e nêutrons:

Prótons, nêutrons e elétrons: e conjunto da maneira de repente, toda matéria que existe começa a mudar, as paredes, as portas e tudo que é feito de um átomo não é mais um obstáculo, podemos passar por elas e não sentimos mais. Tudo isso nota-se que incrivelmente o núcleo de um átomo some.

Especialistas, procuram entender o que se passa nesse fenômeno e percebe que por um instante os elétrons ao seu redor não parece ser atraído, explicando isso especialistas dizem que isso ocorre por que os núcleos sumiu, por algum instante os elétrons conseguem sentir ainda a presença dos prótons e nêutrons, após um tempo com a ausência da carga positiva os elétrons saem da sua órbita e se espalham ao ar.

Após enfrentar uma situação, a maneira encontrada para que os coisas voltem ao normal e tentamos aglomerar os elétrons para formar uma grande força negativa e atrair novamente os prótons e nêutrons, e voltando a vida normal de todos.

ALUNO N. 33B

Um átomo está vivendo tranquilamente, quando o seu núcleo some. Os elétrons que rodeavam o núcleo aos poucos vão sentindo que não estão sendo atraídos mais, e por isso vão cada vez mais se distanciando, e ficando perdidos no espaço. Sem a presença dos elétrons, sem o núcleo o átomo deixa de existir.

ALUNO N. 02C

Em um dia, sem que ninguém perceba exatamente, um átomo desaparece. Dentro de milésimos de segundos, os prótons e nêutrons acabam sendo pela tangente, se perdendo.

ALUNO N. 05C

O Sumiço: Ano 2011, Estados Unidos. Multinacionalmente, núcleos de átomos começaram a desaparecer. A sociedade ficou aflita e apesar da velocidade desse se espalhar, cientistas conseguiram pedir ajuda à tempo para países alheios, como Brasil, antes que essa pandemia causasse mais danos. Logo, tiveram que correr contra o tempo para solucionar este problema e descobrir como voltar com o núcleo e fazer com que elétrons parem de se lançarem para fora da eletrosfera.

ALUNO N. 06C

"sentirem" a ausência dos prótons e nêutrons?"

Físicos de uma Universidade ao replicarem um experimento observaram que de repente o núcleo de um átomo some, fazendo com que os elétrons sintam a ausência dos prótons e nêutrons, aproximadamente milésimos de segundos, saem pela tangente, podendo entrar em um corpo eletrizado, ou ficando perdido no espaço.

ALUNO N. 07C

Num certo dia inesperadamente o núcleo de um átomo some, perdendo com ele os prótons e nêutrons do átomo.

isso destrutura o funcionamento do átomo, desorientando os elétrons quanto a sua volta, mas tudo mais nada para o núcleo, o seguran ali.

Se tiver alguma carga perto para ele se unir, ele se juntará caso contrário se perderá e irá para longe, aleatoriamente que demoraria milésimos de segundos.

ALUNO N. 10C

Em uma cidade bem distante, dois cientistas, Caio e Leonardo, estavam fazendo experiências com os elétrons. Caio disse para Leonardo prestar atenção no que estava fazendo, pois era um material delicado e perigoso. Eles estavam machucando e modificando o núcleo do átomo.

De repente a vizinha deles Paula, entrou no apartamento pedindo uma xícara de açúcar, Leonardo olha para ela e quando volta a olhar para o experimento o núcleo do átomo havia sumido.

Ele fica desesperado, pois ele não sabe como aconteceu e ele não encontra uma explicação científica para o sumiço do núcleo. Imediatamente