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

MARISTELA DO NASCIMENTO ROCHA

**A NECESSIDADE DO PENSAMENTO FILOSÓFICO PARA A COMPREENSÃO DA
FÍSICA: UM ESTUDO INSPIRADO EM WITTGENSTEIN NO CONTEXTO DA
MECÂNICA NEWTONIANA**

**SÃO PAULO
2015**

MARISTELA DO NASCIMENTO ROCHA

**A NECESSIDADE DO PENSAMENTO FILOSÓFICO PARA A COMPREENSÃO DA
FÍSICA: UM ESTUDO INSPIRADO EM WITTGENSTEIN NO CONTEXTO DA
MECÂNICA NEWTONIANA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO
INSTITUTO DE FÍSICA, AO INSTITUTO DE QUÍMICA, AO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS E À FACULDADE DE
EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENSINO DE
CIÊNCIAS**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENSINO DE FÍSICA

ORIENTADOR: PROF. DR. IVÃ GURGEL

**SÃO PAULO
2015**

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

Rocha, Maristela do Nascimento

A necessidade do pensamento filosófico para a compreensão da física: um estudo inspirado em Wittgenstein no contexto da mecânica newtoniana. São Paulo, 2015.

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

Orientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Wittgenstein; 3. Pensamento filosófico; 4. Mecânica newtoniana; 5. Compreensão.

USP/IF/SBI-103/2015

Nome: ROCHA, Maristela do Nascimento

Título: A necessidade do pensamento filosófico para a compreensão da Física: um estudo inspirado em Wittgenstein no contexto da mecânica newtoniana

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

Área de concentração: Ensino de Física

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Ao meu “desorientador” Ivã Gurgel, por me ensinar a enxergar as coisas de pontos de vistas diferentes, a duvidar do correto e por me defender até mesmo nas ideias mais malucas. Na verdade, nada do que eu escrever será suficiente para agradecê-lo.

À minha mãe, por achar que eu sempre sei tudo e por fazer meu bolo de cenoura com chocolate preferido quando eu queria descansar da pesquisa.

À minha tia Marta, pela mesma crença da minha mãe. Essas crenças ajudam muito nos momentos mais difíceis.

Ao incrível professor Juan José Acero, por me ajudar nos conceitos wittgensteinianos, por sua magnífica recepção na Universidade de Granada, pela participação em minha defesa e pelo ciclo de palestras sobre Wittgenstein oferecido na USP.

Aos colegas da Universidade de Granada, Miguel, Martin, Nemesio, Manolo, David e Nefatlí, pela carinhosa recepção e pela constante disposição em resolver minhas dúvidas.

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa, Felipe, Danilo, André, Gabriela, Helton, Sofia, Yuri, Renan, Márcia, Alex e Rafael, por nossas discussões semanais e por através delas contribuírem com esta pesquisa.

À professora Cristiane Gottschalk, por participar da minha banca de qualificação, por sua maneira encantadora de dar aula, por seus trabalhos em Filosofia da Educação e por me proporcionar o primeiro e inesquecível contato com Wittgenstein.

À professora Verônica Calazans, por participar e contribuir bastante em minha banca de qualificação e defesa. Suas ideias são extremamente inteligentes e me fazem pensar muito.

Ao professor Osvaldo Frota Pessoa Júnior por me ajudar com as ideias iniciais desta pesquisa e por me motivar, através de suas aulas, a escolher temas relacionados à História e Filosofia da Ciência.

Aos professores cujas aulas foram inesquecíveis, tanto na graduação como na pós, e que contribuíram de maneira impagável com minha formação: João Zanetic, Vera Bohomoletz Henriquez, Suzana Salem, Fernando Navarra, Mikiya Muramatsu, Cristiano Mattos e Julio Groppa Aquino.

Aos queridos participantes desta pesquisa, por me darem e permitirem ideias valiosas, por suas perguntas simples e geniais e pela motivação e alegria durante nossas discussões.

À minha amiga Jaque, que me convida para fazer deep running e hidroginástica, canta músicas em inglês mesmo quando não sabe a letra e me faz rir tanto que me dá dor de barriga. Ela me ajuda a ter sempre a cabeça limpa e pronta para novas ideias.

À minha amiga Káthia, por nossas conversas mais que interessantes e por tantos conselhos.

À minha amiga Camila, desde o ensino médio, que mesmo sempre distante, por seus trabalhos, está sempre no meu coração. Ela sempre encontra um jeito de estar nos momentos mais importantes da minha vida.

À minha amiga Lóide, companheira de dança e de corrida, por suas risadas, conversas e pelo apoio de sempre.

Aos meus três amigos, Stefan, Rodrigo e Lindber, pelas conversas jogadas fora e por sempre torcerem por mim.

Ao meu companheiro, Martin, por deixar o fim do meu mestrado mais feliz.

À CAPES, por financiar esta pesquisa.

Como que vai entender a resposta sem a pergunta?

J, participante desta pesquisa

Então, assim, sem a matemática você fica numa Física contemplativa, tal, do Aristóteles, que sei lá... enfim, você dá uma “pirada” aí, ela não precisa bater muito com a realidade inclusive e tal. Hoje a Física não é mais isso. Porém a Física segue respondendo questões fundamentais da natureza.

R, participante desta pesquisa

Deve ser mais excitante pra gente, professor, falar isso aí... e ser mais motivador pro aluno ir pra exatas, ou ir pra Física.

V, participante desta pesquisa

E eu acho que é o que mais vale a pena. Melhor do que ficar jogando uma porrada de equação na lousa.

O, participante desta pesquisa

Porque muitas das coisas que a gente falou aqui é muito mais importante do que muitas das coisas que a gente ensina no ensino médio. Tipo, hoje a população de ensino que nós temos hoje depende do vestibular.

F, participante desta pesquisa

Como é que a gente sabe que tem uma força? Só porque ela tá se movendo? Essa é a pergunta. Porque o cara que tá lá fora, ele também vai ver a bolinha se movendo em linha reta, mas porque que ele não pode pensar que tem uma força puxando que no caso está em linha reta?

D, participante desta pesquisa

A Física é muito mais do que a conta.

N, participante desta pesquisa

Deixe de considerar o entendimento como um ‘processo mental’! –
Pois este é o modo de falar que te confunde.

Ludwig Wittgenstein

RESUMO

ROCHA, M. N. **A necessidade do pensamento filosófico para a compreensão da Física: um estudo inspirado em Wittgenstein no contexto da mecânica newtoniana.** 2015. 156 f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Nas pesquisas que buscam a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física aparecem dois papéis principais para a Filosofia, a saber, o de atuar como estratégia didática para a compreensão conceitual e o de ser necessária para a compreensão da Natureza da Ciência. Com respeito ao primeiro, investigamos se a Filosofia pode ser mais do que apenas uma estratégia e passar a contribuir de maneira essencial, uma vez que identificamos nas propostas mencionadas que elas não trouxeram um modo de compreensão diferente dos que antes se criticava. Começamos analisando as relações entre Física e Filosofia e encontramos que o pensamento físico possui intersecções constitutivas com o pensamento filosófico, tanto na atribuição de significações, ao conectar as teorias formalizadas com o mundo físico, quanto na crítica de suas próprias teorias. Em seguida, exploramos a concepção de compreensão na Filosofia da Linguagem tardia de Wittgenstein. Para ele, a compreensão de um conceito não está em processos ou estados mentais, mas sim nos usos que fazemos das palavras em diferentes contextos, fundamentadas em uma normatividade presente na própria linguagem. O pensamento filosófico, como parte desta normatividade é também condição para a compreensão e formação de conceitos físicos em um grau suficiente para permitir a autonomia do sujeito. Exemplificamos nossa defesa a partir de um estudo teórico da mecânica newtoniana, explorando as questões metafísicas relacionadas ao problema do espaço e do movimento e através da análise de discussões entre professores em formação inicial, procurando observar o papel dos pressupostos filosóficos para a significação. Concluimos que, sem eles, havia grandes lacunas de significação que eram preenchidas por conceitos pertencentes a contextos não físicos, além de que a mecânica clássica era sinônima de um conjunto de pressupostos para a resolução de exercícios. Estes permitiram que os futuros professores fizessem descrições, deduções e classificações de fenômenos físicos, mas apenas em conjunto com as proposições filosóficas, passaram a permitir um grau mais alto de compreensão, bem como a formação de novas habilidades, tais como a elaboração de hipóteses, argumentações, deduções e críticas.

Palavras-chave: compreensão, pensamento físico, Física e Filosofia, mecânica newtoniana, Wittgenstein.

ABSTRACT

ROCHA, M. N. **The need for philosophical thought to the understanding of physics: a study inspired by Wittgenstein in the context of newtonian mechanics.** 2014. 156 p. Dissertação (mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Most proposals that advocate the inclusion of history and philosophy of science in physics curriculum award two main roles to philosophy: as a teaching strategy for conceptual understanding and as a method to understand the Nature of Science. With respect to the first role, we inquire whether philosophy can be more than just a teaching strategy and to contribute in an essential way instead, as we find that the above-mentioned proposals do not yield better results in terms of conceptual understanding than the methods criticized by them. We begin by analysing the relationship between physics and philosophy and we find that physical thinking has constitutive intersections with philosophical thought, so much in assigning meanings in order to connect formalized theories to the world as in the criticism of its own theories. Then we explore the conception of understanding in the philosophy of language of the late Wittgenstein. For him, understanding of a concept is not a mental process or state, but it rather consists in the use we make of the words in different contexts, based on the normativity present in language itself. Philosophical thought, as a part of this normativity is also a condition for the comprehension and development of physical concepts in a level sufficient for the subject's autonomy. We exemplify our conclusions in theoretical study of newtonian mechanics, exploring the metaphysical questions related to the problem of space and movement and analyzing discussions among teachers in initial training, trying to observe the role of philosophical assumptions in shaping meanings. We conclude that, without them, there were great significance gaps, which were filled with concepts belonging to non-physical contexts, and that classical mechanics was synonymous to a set of assumptions for solving exercises. These assumptions enabled the prospective teachers to make descriptions, deductions and classifications of physical phenomena, but only together with philosophical propositions, did they increase the degree of understanding and enable formation of new skills, such as development of hypothesis, argumentation and criticism.

Keywords: understanding, physical thought, Physics and Philosophy, newtonian mechanics, Wittgenstein.

LISTA DE ABREVIATURAS DAS OBRAS DE WITTGENSTEIN

TLP, Tractatus	Tractatus Lógico – philosophicus
IF	Investigações Filosóficas
DC	Da Certeza
Z	Zettel

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO: IMAGEM DE MUNDO E ORIGEM DA PESQUISA	12
1.1 <i>UMA IDEIA DE EDUCAÇÃO.....</i>	12
1.2 <i>A NECESSIDADE DESTA PESQUISA.....</i>	15
2. RELAÇÕES ENTRE FÍSICA E FILOSOFIA	26
2.1 <i>A RELAÇÃO ENTRE FÍSICA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA.....</i>	27
2.2 <i>A RELAÇÃO ENTRE O PENSAMENTO FÍSICO E O FILOSÓFICO</i>	32
2.3 <i>REFLEXÕES SOBRE O PAPEL DA FILOSOFIA NO ENSINO DE FÍSICA.....</i>	38
3. PENSAMENTO, LINGUAGEM, MUNDO FÍSICO E EDUCAÇÃO A PARTIR DE WITTGENSTEIN	42
3.1 <i>VISÕES DOGMÁTICAS SOBRE A LINGUAGEM</i>	43
3.3 <i>SIGNIFICADO, NORMATIVIDADE E JOGOS DE LINGUAGEM.....</i>	48
3.3 <i>SIGNIFICADO E COMPREENSÃO</i>	58
3.4 <i>GRAMÁTICA, RACIONALIDADE DA FÍSICA E FILOSOFIA.....</i>	62
3.5 <i>O ENSINO DE FÍSICA E A NECESSIDADE DA FILOSOFIA</i>	65
4. A GRAMÁTICA NEWTONIANA	72
4.1 <i>PROBLEMAS FILOSÓFICOS</i>	73
4.2 <i>AS CERTEZAS DA MECÂNICA NEWTONIANA.....</i>	79
4.3 <i>CRÍTICAS AO SISTEMA NEWTONIANO</i>	92
4.4 <i>COMPREENSÃO E ENSINO DE MECÂNICA NEWTONIANA</i>	96
5. O PODER DO PENSAMENTO FILOSÓFICO NO ENSINO DE MECÂNICA: NOVAS AÇÕES E SIGNIFICADOS.....	100
5.1 <i>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</i>	101
5.2 <i>O JOGO DE LINGUAGEM DA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS: O ENSINO DE MECÂNICA HOJE</i>	105
5.3 <i>A DISTÂNCIA ENTRE OS CONCEITOS E A AUSÊNCIA DA DIMENSÃO FILOSÓFICA</i>	113
5.4 <i>NOVAS AÇÕES E SIGNIFICADOS A PARTIR DE PRESSUPOSTOS FILOSÓFICOS.....</i>	125
6. CONCLUSÕES: “A GENTE PASSA A TENTAR RESPONDER PERGUNTAS COM A CIÊNCIA, TÁ LIGADO”?	144
REFERÊNCIAS.....	149
APÊNDICES	155
APÊNDICE A – <i>QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO.....</i>	155
APÊNDICE B – <i>REDES CONCEITUAIS ANTERIORES.....</i>	156
APÊNDICE C – <i>REDES CONCEITUAIS POSTERIORES</i>	160
APÊNDICE D – <i>RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO.....</i>	165
APÊNDICE E – <i>TRANSCRIÇÃO DAS FALAS NO GRUPO FOCAL</i>	182

<i>ENCONTRO 1</i>	182
<i>ENCONTRO 2</i>	208
<i>ENCONTRO 3</i>	250
<i>ENCONTRO 4</i>	290

1. INTRODUÇÃO: IMAGEM DE MUNDO E ORIGEM DA PESQUISA

Antes de tudo, é preciso situar quem lê este texto no mesmo referencial do qual ele foi escrito. Iniciaremos, portanto, trazendo uma concepção de Educação e, conseqüentemente, de Educação Científica, para só então problematizar a questão essencial desta pesquisa e os caminhos seguidos para a Educação em Física. Tal início é necessário, uma vez que esta pesquisa certamente não tem a mesma validade em outras formas, também importantes (em alguns contextos), de conceber a Educação, principalmente aquelas que consideram o conhecimento como algo fragmentado ou as que abordam a educação fora da vida escolar e das disciplinas.

1.1 UMA IDEIA DE EDUCAÇÃO

Existir humanamente é pronunciar o mundo, é modificá-lo. O mundo pronunciado, por sua vez, se volta problematizado aos sujeitos pronunciantes, a exigir deles novo pronunciar. (FREIRE, 2005/1970)

De um modo geral, a ideia de educação desta pesquisa não possui uma definição precisa, mas trata-se de uma espécie de tecido feito com fios que perpassam algumas das ideias de três pensadores: *Mario José Pires Azanha, Paulo Freire e Hannah Arendt*. Sabemos que estes três pensadores possuem concepções educacionais diferentes e, por isso, queremos salientar que nossa concepção é influenciada por pequenos traços de cada um deles, nos pontos em que acreditamos de maneira quase informal ser possível encontrar intersecções. Esboçaremos essa concepção sem o intuito de prescrever regras deterministas, mas sim de possibilitar uma compreensão mais holística da pesquisa.

De Hannah Arendt, tomamos emprestada a condição à qual a educação está sujeita, que é a da natalidade, o fato de os indivíduos nascerem no mundo. Esse fato por si só já obriga qualquer sociedade a tomar decisões sobre o que fazer com esses sujeitos que chegaram novos em um mundo que já é velho, que já possui suas convenções, suas normas. Os que acabam de chegar a este mundo precisam ser inseridos nele e não podem ser deixados à sua própria sorte, já que não poderão descobrir as convenções existentes por conta própria. Se deixados à própria sorte, estarão excluídos deste mundo e privados da possibilidade de realizar algo novo, de renovar o mundo, uma vez que essa renovação precisa ser feita a partir de um conhecimento sobre o mundo velho e que só pode ser feito por alguém já pertencente a

ele. Dessa forma, a educação deve possibilitar o aparecimento do novo e assumir uma responsabilidade pelo mundo, por sua renovação, em vez de impedi-la:

A nossa esperança reside na novidade que cada geração traz consigo. Mas, precisamente porque só nisso podemos basear a nossa esperança, destruímos tudo se tentarmos controlar o novo que nós, os velhos, pretendemos desse modo decidir como deverá ser. (ARENDT, 2010/1957, p.12)

Nesta pesquisa, procuramos preservar o novo que pode surgir dos novos sujeitos que chegam ao mundo, ou seja, não tentar dizer como o mundo deve ser na esperança de que os novos cumpram nossas prescrições, que já são velhas o bastante, por mais revolucionárias que possam parecer, como observou Hannah Arendt (ibidem). E como fazemos isso dentro do Ensino de Física?

No contexto desta pesquisa, através da possibilidade de participar em diferentes formas de pensar dentro da própria Física, do conhecimento dos pressupostos que fundamentam suas teorias, dos problemas que ela carrega e de sua significação, pois dessa forma é possível compreender que as práticas da Física no fundo são respostas a questões, e respostas que poderiam ser outras, gerando com isso também a possibilidade da crítica. Embora não seja a partir de teorias Físicas que os sujeitos irão renovar o mundo, sabemos qual tem sido o papel da Ciência na sociedade contemporânea. Proporcionar a oportunidade de pensar o mundo a partir da Física, a partir de uma compreensão de suas diferentes visões de mundo, parece contribuir para a compreensão desse próprio empreendimento humano, essencial para a compreensão da contemporaneidade.

Educar possibilitando o surgimento do novo está inteiramente relacionado ao conceito de liberdade apresentado em Paulo Freire, em sua obra *Educação como prática da liberdade* de 1967 e também em sua *Pedagogia do Oprimido* (2005/1970). Para ele, a liberdade só tem sentido na história vivida pelos homens e constitui, junto com a crítica, o modo de ser do homem. Como consequência, a aprendizagem só pode se dar a partir de um diálogo livre e crítico entre educadores e educandos. Diálogo que se manifesta pela palavra:

Não é no silêncio que os homens se fazem, mas na palavra, no trabalho, na ação-reflexão.

Mas, se dizer a palavra verdadeira, que é trabalho, que é práxis, é transformar o mundo, dizer a palavra não é privilégio de alguns homens, mas direito de todos os homens. Precisamente por isso ninguém pode dizer a palavra verdadeira sozinho, ou dizê-la para os outros, num ato de prescrição, com o qual rouba a palavra aos demais. (FREIRE, 2005/1970, p. 90)

E ser livre aqui não é deixar o sujeito à sua própria sorte, mas sim dar-lhe consciência do mundo em que estamos para que ele possa ser capaz e estar preparado para decidir.

Embora Paulo Freire tenha abordado o tema da liberdade ligado aos temas de uma sociedade de massas, nesta pesquisa estamos considerando a liberdade também como consciência do próprio pensamento científico, do pronunciamento do mundo a partir dele, das condições em que ele se dá, e que certamente contribuirá para a sua compreensão e, conseqüentemente, poderá possibilitar ao sujeito a observação de como o pensamento científico está fortemente presente em nossa sociedade. Além do que, consideramos que a própria oportunidade de pensar diferente já permite ao sujeito, como na citação inicial de Paulo Freire, novos pronunciamentos sobre o mundo.

E para tomarmos o cuidado de não cairmos nos abstracionismos pedagógicos ao acreditar que é possível ensinar competências como se elas independessem de conteúdos, nos apoiamos em José Azanha (2006). Para ele, as exigências do mundo contemporâneo fizeram a educação repensar suas práticas e desejar o ensino de competências e habilidades exigidas pelo mercado de trabalho e pelos problemas sociais. Esse repensar fez surgir movimentos que buscaram ir além do ensino de conteúdos por si mesmos ao propor o ensino deles com um objetivo mais amplo, que é o aprendizado de competências e habilidades que possam ser estendidas a outros contextos pelos quais o sujeito irá passar em sua vida.

A forma como essas habilidades são abordadas faz parecer que é possível ensiná-las independente de qualquer conteúdo. Mesmo que o aprendizado delas envolva conteúdos, há a crença de que é possível aprendê-las por si mesmas, de forma a aplicá-las em outras situações com conteúdos diferentes. Assim, por exemplo, a habilidade de argumentar teria regras independentes dos conteúdos, já que os sujeitos que aprendessem a argumentar em sua vida escolar poderiam fazê-lo em qualquer outro contexto que exigisse argumentação.

Para Azanha, as habilidades complexas como ensinar, argumentar e pesquisar não são passíveis de serem ensinadas através de regras prescritivas e, sobretudo, fora de práticas particulares. Sendo assim, não seria possível aprender a argumentar, aprender a aprender ou aprender a pensar independente de qualquer contexto. De mesma forma, a habilidade de pensar criticamente, tão reivindicada como se existissem técnicas para pensar criticamente em qualquer situação, não deve ser almejada pela educação fora de algum contexto. Embora desejamos que a educação forme sujeitos capazes de pensar e atuar sobre suas práticas e seu mundo de forma crítica, devemos lembrar que não é a educação quem irá fazer isso pelo sujeito e não podemos nos esquecer das condições e limites de nossas propostas.

Se pretendermos elaborar uma atividade de argumentação crítica com relação a uma teoria Física específica ou a uma notícia de jornal, não faz sentido esperarmos que o sujeito passe, a partir da atividade, a aprender a argumentar criticamente em qualquer situação que exija argumentação. Tampouco devemos esperar que os sujeitos se tornem preparados para tomar decisões em qualquer contexto e mudar o mundo, pois não é só com educação que se muda o mundo. Existe uma série de práticas, relações de poder e conhecimentos que não são abrangidos pelo conhecimento escolar e que são necessários para que haja a tomada de decisões e o pensamento crítico em relação a determinado tema.

Por outro lado, como disse Paulo Freire (2005/1970), sem a educação tampouco o mundo muda. A educação é capaz de dar a possibilidade do pensamento crítico com relação a uma série de temas do mundo, por possibilitar a consciência do mundo, mas não em todas as situações. A atuação em sociedade, a tomada de decisões e o pensamento crítico só serão alcançados quando o sujeito atuar em sociedade, tomar decisões e pensar criticamente sobre seus problemas em situações que exijam isso, e serão situações que embora possuam semelhanças com atividades escolares, nunca serão iguais, pois a escola não é o mundo. Assim sendo, nesta pesquisa nos limitamos àquilo que nos cabe, que é a contribuição para a formação do pensamento crítico com respeito ao pensamento físico através de uma compreensão profunda, o que só ocorrerá através de práticas que possibilitem esse modo de pensar.

Se pudéssemos resumir nossa concepção de educação, diríamos que se trata do ensino de uma nova visão de mundo e que, por isso, possibilita o surgimento de novas formas de pensar e do pensamento crítico, já que o sujeito é capaz de perceber que a forma com que se olha o mundo pode mudar. E o nosso objetivo para a educação é esse porque assim é possível possibilitar o novo, possibilitar que os novos renovem o mundo, já que renovar significa também alterar pressupostos. Mas o objetivo da educação também é conservar o velho, e justamente, para que o novo possa surgir.

1.2 A NECESSIDADE DESTA PESQUISA

Nas investigações em Educação Científica, que estão apoiadas na preocupação com a formação do cidadão e dos professores de escola básica, presenciamos uma crítica generalizada ao ensino pautado na memorização e aplicação de conhecimentos transmitidos

de forma bancária, no sentido de Paulo Freire, como a aplicação de equações na resolução de problemas ou a memorização da expressão da lei da inércia, que apenas significam a possibilidade de aprovação em avaliações. Em especial, as pesquisas que propõem a inserção de História e Filosofia da Ciência no Ensino (MATTHEWS, 1994; CAMPANARIO, 1999; GRECA E FREIRE JR., 2004; IRZIK E NOLA, 2005) se apoiam nessa crítica para suas propostas.

Para que tenhamos um panorama dos objetivos destas pesquisas no Brasil, a revisão de Teixeira, Greca e Freire Jr. (2012) sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física, analisou quatorze trabalhos, dos quais seis tiveram como objetivo¹ a compreensão dos conceitos, sete a compreensão da Natureza da Ciência, um a melhora da argumentação, dois a metacognição e cinco a motivação. Essas pesquisas podem ser divididas entre as que consideram o papel da História e Filosofia da Ciência como facilitadoras da compreensão dos conceitos físicos e/ou como necessárias para a compreensão da Natureza da Ciência.

A defesa da compreensão conceitual aparece desde a reaproximação entre História e Filosofia e Ensino de Ciências na década de 1990 (MATTHEWS, 1995), em que:

A História, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise [no ensino contemporâneo], porém possuem algumas delas: [...] podem contribuir com o entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam[...]. (p. 165).

Os autores que defendem a compreensão conceitual (PEDUZZI, MOREIRA E ZYLBERSZTAJN, 1992; HARRES, 2002; GATTI, NARDI E SILVA, 2010; HOSSON, 2011) a justificam por meio da possibilidade de fazer comparações dos conceitos com sua evolução na História e de contextualizar as teorias, facilitando o reconhecimento de concepções alternativas dos estudantes, contribuindo para melhorar a argumentação e motivando a aprendizagem com temas considerados interessantes.

Entretanto, o que estes trabalhos chamam de compreensão da Física é o aprendizado das teorias e conceitos da mesma forma como se fazia antes dessas novas propostas, com a diferença de que agora existem novas estratégias para se chegar ao mesmo fim. Por exemplo, o trabalho de Gatti, Nardi e Silva (2010) que propõe a História da Ciência no ensino de

¹ Alguns trabalhos tinham dois ou mais objetivos.

atração gravitacional, conduz um curso cujos participantes respondem a questionários que avaliam suas concepções iniciais e finais. Nos resultados, os autores mostram que, por exemplo, um participante que antes pensava que os corpos caem ao mesmo tempo com forças iguais, depois do curso passou a pensar corretamente que os corpos caem ao mesmo tempo no vácuo e que a aceleração é a mesma para ambos, mas não a força. Outro resultado pós-teste é que “nenhum dos licenciandos sustenta a visão de que a velocidade de queda de um corpo é proporcional ao seu peso” (p. 42).

Esse modo de avaliar mostra que o objetivo implícito é o aprendizado do conceito geralmente expresso por uma afirmação geral sobre o que ele é, solicitando por isso uma definição que pode ser memorizada. No fundo, trata-se da mesma abordagem tradicional anterior, apenas não tão explícita pelas equações, mas igualmente levando à memorização de proposições e de relações matemáticas expressas em palavras. Nessa situação final de avaliação a História e a Filosofia não aparecem e por isso dizemos que ela atuou como estratégia didática, não sendo, portanto necessária, pois a própria avaliação da pesquisa não as inclui em suas perguntas referentes à compreensão conceitual. São exemplos de questões aplicadas:

1. Uma bola de tênis é lançada verticalmente para cima. Identifique a(s) força (s) que age(m) na bola enquanto ela sobe (item a), no ponto mais alto de sua trajetória (item b) e durante a queda. (p. 207)
5. Dois corpos de mesmas dimensões, mas com massas diferentes são abandonadas da mesma altura. Qual deverá atingir o solo primeiro? (GATTI, 2005, p. 208).

Este mesmo trabalho também terminou por identificar concepções sobre a Natureza da Ciência. Aqui, a História e a Filosofia da Ciência aparecem nas perguntas das avaliações, através da aplicação do questionário VOSTS² (AIKENHEAD E RYAN, 1992). Vejamos um exemplo dessas questões:

Definir Ciência é difícil porque a Ciência é complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é:

- A. Um estudo de campos tais como Biologia, Química e Física.
- B. Um corpo de conhecimentos tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo a o nosso redor (matéria, energia, vida).
- C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre o nosso mundo e universo e como eles funcionam.
- D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.
- E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).

² Views on Science-Technology-Society

F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um melhor lugar para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).

G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que tem ideias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.

H. Ninguém pode definir Ciência. (p. 16)

Os autores afirmam que na resposta a essa questão, antes da pesquisa, “os estudantes não relacionam a Ciência aos aspectos sociais da construção do conhecimento científico (alternativa G)” (p. 16). Como é possível chegar a essa conclusão, sendo que a alternativas F, por exemplo, também possui uma relação com aspectos sociais, só que em outro sentido? Como avaliar esse tipo de compreensão a partir de perguntas gerais? Descoladas de um contexto? Além disso, no resultado final para esta questão, os autores afirmam que houve uma “mudança em relação às noções iniciais dos licenciandos” (p. 42), pois “a definição de Ciência (questão 1), avaliada inicialmente por sete licenciandos como um corpo de conhecimentos (alínea B), sem admitir o caráter social de sua construção passa a ser selecionada por cinco participantes” (p. 42), indicando que há um processo de convencimento, memorização e substituição de afirmações sobre a Ciência.

A pesquisa de Gatti, Nardi e Silva (ibidem) revela uma tendência dos trabalhos que prometem a compreensão da Física: o que eles tem feito de fato é trazido novos elementos para a compreensão da Natureza da Ciência, provenientes de um trabalho teórico da História e da Filosofia da Ciência, mas o aprendizado final das teorias Físicas segue da mesma forma criticada antes. Nessas abordagens, a História e a Filosofia não atuam como necessárias a compreensão da Física em sua particularidade, mas da Natureza da Ciência.

Todavia, até mesmo a compreensão da Natureza da Ciência é duvidosa, já que se tem almejado que o estudante memorize afirmações enviesadas sobre a Ciência, pautadas nas tendências pós-modernas da Filosofia³ e avaliadas de forma bancária através de questionários fechados e com alternativas para as respostas, como se houvesse uma resposta certa para: “o que é a Ciência”? Essas reflexões indicam uma necessidade de repensar o que significa compreender, tanto para uma teoria, para conceitos físicos ou mesmo a Natureza da Ciência.

As pesquisas que visam explicitamente a compreensão da Natureza da Ciência (EFLIN, GLENNAN, E REISH, 1999; PRAIA, GIL-PÉREZ E VILCHES, 2007, TEIXEIRA, FREIRE, EL-HANI, 2009; FORATO, 2009; IRZIK E NOLA, 2011) defendem que haverá uma melhor compreensão da Física e conseqüentemente a formação de um cidadão crítico,

³Ver A “crítica forte” da Ciência e implicações para a Educação em Ciências, de GRECA e FREIRE Jr., 2004.

tanto por conhecer os limites da Ciência a partir de aspectos históricos e filosóficos, como as influências da Ciência na sociedade e desta na Ciência (PRAIA, GIL-PÉREZ E VILCHES, 2007). Nesse sentido, a concepção de educação subjacente a essas reivindicações se parece bastante com aquela que apresentamos, já que justamente não queremos um ensino que não permita a crítica e a responsabilidade pelo mundo.

Estas pesquisas trazem conteúdos novos para o Ensino de Física. Há novas compreensões sobre novos temas. Compreensões sobre a natureza do conhecimento científico como, por exemplo, reflexões sobre o que significa uma teoria, qual a relação entre teoria e experimentação, sobre o que significa progresso científico, sobre sua influência na política e na tecnologia etc. Há também compreensões sobre a estrutura do mundo postulada pela Ciência, como os debates realismo e empirismo, determinismo e indeterminismo. Os temas antigos eram aqueles presentes em qualquer livro didático tradicional, como as equações da cinemática, da dinâmica, da termodinâmica, tão banais e considerados como ultrapassados e sem possibilidade de formar um estudante capaz de fazer bom uso desse conhecimento para pensar criticamente.

Para contornar a incapacidade dos temas antigos em formar o cidadão crítico é que foram inseridos temas novos, os temas de História e Filosofia da Ciência. Há uma dicotomia entre eles, pelo menos como pressuposto de boa parte das pesquisas em Ensino de Física. De um lado, temos o Ensino de Física e, de outro, o ensino sobre a Física. Agora, não basta conhecer as equações da mecânica e definições de conceitos, mas compreender também sua natureza. Essa compreensão da Natureza da Ciência geralmente tem sido feita em disciplinas separadas daquelas de Física, reforçando ainda mais essa dicotomia.

Antecipando parcialmente os objetivos desta pesquisa, temos a hipótese de que é possível e necessário, em certa medida, que a Filosofia seja parte constitutiva das teorias físicas. Obviamente, há discussões sobre a Natureza da Ciência que merecem disciplinas à parte, como as referentes às teorias do conhecimento, mas há outras que parecem ser essenciais para compreender as próprias teorias Físicas e seus conceitos, como pretendemos articular nesta dissertação.

É inegável que essas novas propostas possibilitam a formação de um cidadão crítico à Ciência, em certos aspectos. Entretanto, isso tem sido possibilitado por uma possível compreensão da Natureza da Ciência e não pela compreensão da Física a partir dos conhecimentos produzidos por ela, como uma área detentora de uma forma própria de

pensamento, de conceitos, de uma ou várias visões de mundo. O próprio conhecimento da Física não pode contribuir com os objetivos gerais da Educação? Não podemos formar cidadãos capazes de serem críticos à Ciência através do próprio conhecimento da Física? E não somente a partir de um conhecimento sobre esse conhecimento?

Os novos temas possibilitam novas compreensões sobre a Física através do ensino de novos conceitos pertencentes à História e Filosofia da Ciência, e não à própria Física⁴. Pouco se contribuiu para a compreensão dos conceitos físicos, e das relações entre eles, presentes na linguagem da Física. Os conceitos continuam sendo abordados na perspectiva lógico-matemática e memorizados, e a História e a Filosofia da Ciência não aparecem em sua compreensão, pois os pesquisadores parecem saber que compreender como um conceito é construído é diferente de compreender um conceito, já que refletem esse pensamento em suas avaliações sobre a compreensão conceitual.

Por outro lado, será que esse crítico da Ciência que estamos formando não tem se convertido em um crítico viciado? Dizemos isso porque o ensino de Natureza da Ciência tem estabelecido pressupostos essenciais e dado informações sobre como a Ciência é, através de proposições definidas, como dizer que ela não é criada por gênios, que não ocorre longe da subjetividade, que a observação não pode ser separada da teoria, que não existe um único método científico, entre outras afirmações como as dos bem conhecidos aspectos consensuais da Natureza da Ciência propostos por LEDERMAN et al. (2002). Também encontramos definições, embora em maior número e sem pretensão de generalizações, na proposta de ensino das características da Ciência de Matthews (2012) ou ainda em Irzik e Nola (2011), que elencam uma série de afirmações sobre o fazer científico presentes nas várias disciplinas da Ciência.

Por mais valiosas que essas afirmações⁵ possam ser, será que não estamos impedindo o pensamento crítico ao prescrevermos o que se deve afirmar sobre como a Ciência é? Desconsiderando seus diferentes contextos e, consequentemente, impedindo novas compreensões que poderiam aparecer caso o aluno tivesse a oportunidade de pensar a partir do estilo de pensamento que a própria Física possui? Caso ele tivesse a oportunidade de ter a palavra, no sentido freiriano?

⁴ Essa separação não é tão precisa, como veremos no segundo capítulo.

⁵ Não estamos defendendo que elas não sejam importantes, mas sim que não devemos utilizá-las para definir a Ciência em todas as suas práticas.

Tomemos como exemplo, para elucidar essas inquietações, o artigo de Köhnlein e Peduzzi (2005). Neste trabalho os autores apresentam um módulo didático que abordam a teoria da relatividade restrita de maneira histórico-filosófica, em que obtiveram como resultado a motivação dos estudantes e mudanças em suas concepções sobre a Natureza da Ciência. Os autores prometem “contribuir para a elaboração de estratégias que levem à sala de aula uma reflexão mais crítica sobre a Natureza da Ciência e seus processos” (p. 37) e reclamam da ênfase à concepção empírico-indutivista no Ensino de Ciências.

Um questionário foi aplicado antes e depois da pesquisa, com o objetivo de obter concepções sobre Natureza da Ciência. As questões pretendem ser afirmações bastante gerais, que deveriam ser comentadas pelos participantes, e serviam para qualquer área do conhecimento científico, como a primeira afirmação: “As teorias científicas são obtidas a partir dos dados da experiência, adquiridos por observação e experimento, ou seja, a experiência é a fonte do conhecimento” (p. 47). Comparando as respostas dos alunos, um resultado positivo para o autor é que antes da pesquisa houve 96,8% de respostas que indicavam uma concepção empírico-indutivista da Ciência, enquanto que no final apenas 12,9% deram esse tipo de resposta. Esse olhar para o resultado revela uma tendência de mostrar um único lado da Física e não vemos nisso a possibilidade do pensamento crítico da Ciência, pois a concepção empírico-indutivista também tem um papel importante na construção do conhecimento científico.

É evidente que os estudantes passariam a dar respostas contra a concepção empírico-indutivista, pois o roteiro das aulas continha uma abordagem sobre essa concepção seguida de uma crítica à suas limitações e sem um estudo de caso particular, apenas com afirmações gerais que a definiam, tais como “o método da indução e o conhecimento da verdade” e “a origem do conhecimento na observação e na experiência bem fundada” (p. 39).

A nova concepção de Ciência (que no fundo é uma adequação dos aspectos consensuais à relatividade) foi adquirida a partir de uma abordagem histórica, enquanto que a mecânica clássica havia sido apresentada exclusivamente de uma perspectiva matemática e de afirmações sobre seu caráter empírico-indutivista. Não foram feitas críticas à nova concepção de Ciência adquirida. Como exemplo de resultado da nova concepção, os autores afirmam: “parece não haver dúvidas de que para a maioria dos alunos ficou claro que embora algumas vezes o conhecimento também possa ter origem na observação, esta nunca é neutra” (p. 48). Embora essa afirmação seja verdadeira, que sentido tem saber que ela existe descolada de um caso específico e, além disso, como resposta à questão 2: “Observações científicas são sempre

o ponto de partida para a elaboração das leis e princípios em Ciência” (p. 48)? Os estudantes memorizam essa afirmação e isso não traz juízo crítico nenhum à Ciência, apenas substitui uma concepção por outra.

A motivação dos estudantes também foi avaliada neste mesmo trabalho e os autores chegaram à conclusão de que eles gostaram da atividade e se sentiram motivados. Embora o interesse tenha sido despertado nos estudantes, a atividade constrói uma ideia de que as teorias Físicas são incapazes de serem interessantes sem a História e a Filosofia da Ciência. Nas respostas à avaliação da pesquisa encontramos frases como:

O trabalho é interessante, pois não conta somente o acontecido e sim o criador da ‘lei’ [...]” (p.45) [...] É um trabalho muito interessante, é diferente e proveitoso porque também desperta o interesse do aluno, fazendo com que ele participe e se interesse pelas aulas (p.45). [...] Pois até então só tínhamos cálculos, e isso tornava a aula cansativa e saturada [...] (p.45)

Será que não são as nossas concepções a respeito das teorias físicas é que estão equivocadas? Em vez de pensarmos que é sempre necessário complementá-las com outros conhecimentos para que se tornem interessantes e possibilitem a crítica? Tendo em vista que a História e Filosofia atuam ora como estratégia didática, ora como meio para a compreensão da Natureza da Ciência, surge a questão: esses campos podem ir além dessas contribuições para o Ensino de Física? Podem ter um papel necessário na compreensão das próprias teorias? Qual seria o papel dessas áreas do conhecimento na compreensão e composição da Física enquanto forma de pensar, enquanto linguagem? A crítica da Física é possível a partir de uma compreensão de seus próprios conhecimentos? Esta pesquisa pretende, portanto, discutir: qual é a necessidade da Filosofia⁶ para a compreensão da Física?

Responder essa questão exige, no mínimo, uma reflexão sobre o que significa compreender e o que significa Física. Embora não possamos defini-la, não podemos negar que a Física tenha uma forma própria de pensar o mundo, que não pode ser separada de uma prática e nem de uma linguagem. No mesmo sentido, compreender algo exige, entre outros elementos, um referencial de conceitos e relações entre eles e, portanto, também uma linguagem. Por isso, nesta pesquisa buscamos referenciais na Filosofia da Linguagem.

Se por um lado a compreensão da Natureza da Ciência se mostra necessária para a compreensão da Física e de sua prática, por revelar aspectos que influenciam em sua

⁶ Estamos retirando “História” da pergunta por razões que serão compreendidas nos capítulos seguintes, mas ela não deixa de contribuir mesmo num estudo filosófico como o que faremos.

construção, por outro, sem a compreensão de sua linguagem, de sua maneira de pensar, de seus conceitos e relações entre eles, a tarefa de compreender a Física deveria ser impossível, uma vez que os filósofos da linguagem nos dizem que precisamos dela para a significação (POSSENTI, 1996).

A tendência das pesquisas em Natureza da Ciência provavelmente se deve à grande influência dos filósofos da Ciência como *Popper*, *Lakatos*, *Kuhn* e *Feyerabend*, pois várias das propostas desses filósofos foram inseridas nas concepções de ensino de Ciências (SILVA, 2012). Embora essas contribuições estejam fora de discussão quanto à sua importância para o ensino de Ciências, elas:

[...] são limitadas ao que se propõe, no caso, à descrição de como o conhecimento científico é construído. Nenhum dos filósofos citados acima teve como objeto de estudo a linguagem ou elaborou proposta filosófica sobre o papel da linguagem na elaboração dos significados. (SILVA, 2012, p. 61).

Embora não tenhamos uma definição precisa do que seja Física, sabemos que pelo menos a linguagem que ela possui está presente em qualquer de suas práticas e, portanto, uma compreensão deste empreendimento deve requerer também uma compreensão de sua linguagem e dos modos como ela se constitui nessas práticas. Uma compreensão apenas da Natureza da Ciência não deveria ser chamada de uma compreensão da Física e nem deveria ser possível, pois como compreender um empreendimento sem conhecer sua forma de olhar para o mundo, que não ocorre descolada de uma linguagem?

Assim, para estudar o papel da Filosofia na compreensão da Física, nos restringiremos a analisar a sua compreensão conceitual e teórica. Para tanto, escolhemos a segunda fase de pensamento de Ludwig Wittgenstein (1889 – 1951), filósofo da linguagem austríaco. Embora ele não tenha trabalhos diretamente ligados à Educação e muito menos ao Ensino de Física, este filósofo nos traz importantes reflexões sobre os modos como a palavra compreender é utilizada nos contextos linguísticos e permite ir além da concepção tradicional da linguagem como constituída por palavras que substituem os objetos do mundo. Essa possibilidade permite responder nossa questão de pesquisa, como detalharemos ao longo do trabalho.

Como contexto de análise recorreremos à mecânica newtoniana para um estudo da necessidade da Filosofia em sua compreensão, conceitual e teórica, sob os olhos da Filosofia da linguagem de Wittgenstein e de estudos sobre a relação entre Física e Filosofia. Escolhemos essa teoria justamente por ser considerada, nas pesquisas em Ensino de Física, como exemplo de ensino ultrapassado e que não permite uma formação crítica e nem

motivadora. É uma área que muitas vezes não tem seu ensino justificado para além do fornecimento de técnicas que serão usadas nas teorias mais atuais da Física ou em poucas vezes como úteis para a física do cotidiano. Temos a hipótese de que essas crenças com relação à mecânica clássica não passam de uma incompreensão desta e também dos modos como se tem considerado o significado de compreender. Como segundo motivo, escolhemos essa área da Física porque ela permite um contraste com outras que prometem ser mais interessantes e nos permite pensar até que ponto uma consciência do pensamento físico pode ser alcançada a partir da compreensão apenas da visão de mundo atual da Física.

Para obter a contribuição de uma situação real de ensino, foi realizado um grupo de discussão, com professores em formação inicial, envolvendo a Filosofia da mecânica newtoniana com relação ao conceito de espaço e outros relacionados, presentes no *Escólio das definições* do *Principia* de Newton, de 1662. O intuito da formação deste grupo é a possibilidade de olhar para uma prática educativa e observar de que modo a Filosofia se torna necessária para a compreensão da Física.

Por fim, os três pilares desta pesquisa são: as relações entre Física e Filosofia, o conceito de compreensão em Wittgenstein e a análise desses temas em uma situação real envolvendo a mecânica newtoniana. Assim, os capítulos desta dissertação estão organizados de forma a atenderem uma triangulação destes três pilares. Além disso, a ordem dos capítulos foi escolhida de forma a corresponder, da forma mais próxima possível, ao caminho de reflexão seguido por essa pesquisa. Por isso, apresentaremos uma primeira aproximação de resposta da pergunta da pesquisa e somente nos capítulos seguintes é que aprofundaremos essas reflexões a partir de Wittgenstein. Acreditamos que essa forma de tratar a pesquisa é justa com ela e com o leitor, facilitando sua compreensão, pois mostra como os conceitos wittgensteinianos foram se tornando uma perspectiva interessante de análise.

O segundo capítulo traz um estudo sobre as relações entre Física e Filosofia, com o intuito de percebermos qual tem sido e quais são os papéis possíveis da Filosofia no Ensino de Física, bem como começar a delinear como essas relações trazem implicações para o Ensino de Física. O terceiro capítulo trará uma introdução ao pensamento de Wittgenstein e também às influências de sua Filosofia no conceito de racionalidade e de Educação, presentes na literatura, para que nos ajudem a dialogar com Wittgenstein a fim de buscarmos implicações para o Ensino de Física. O quarto capítulo contará com exemplos da Filosofia presente na imagem de mundo da mecânica newtoniana e de análises contemplando uma triangulação dos três pilares. O quinto capítulo fará uma análise parcial do material obtido no grupo de

discussão, buscando dar significado a algumas ideias trazidas nos capítulos anteriores em uma situação real. O sexto e último capítulo traz uma reflexão final sobre a necessidade da Filosofia na compreensão da Física, sobre até que ponto ela deve ser necessária ao Ensino de Física e, para essa questão, voltamos a ter um diálogo explícito com a nossa concepção de Educação.

2. RELAÇÕES ENTRE FÍSICA E FILOSOFIA

Não é somente em uma fase ultrapassada da História do pensamento que Filosofia e Ciência se confundem até determinado ponto, em um terreno comum. O fato de uma implicar a outra tem a ver tanto com o momento de surgimento de uma concepção nova (a descoberta), como com o de reorganização do esquema teórico, no qual nos esforçamos para exprimir o significado das proposições. (PATY, 1993)

Os estudos sobre o papel da Filosofia na Física exigiram que buscássemos quais são as relações entre a Filosofia e a Física e que fizéssemos uma divisão delas em dois níveis. Tal divisão se mostrará de grande utilidade tanto para seu próprio entendimento como para o Ensino de Física. É importante esclarecer que, no entanto, essa divisão é mais de intenção do que de fato, ou seja, é uma divisão entre as intenções dos filósofos da Ciência e as do físico e não daquilo que acontece em suas práticas.

É provável que as pesquisas que buscaram a inserção da Filosofia no Ensino de Física não tenham percebido essa divisão e, com isso não tenham dado à devida atenção ao papel que a Filosofia pode ter na compreensão do pensamento físico. Fizemos a divisão entre o que chamamos de relação entre Física e Filosofia da Ciência e relação entre pensamento físico e pensamento filosófico. Também procuramos observar como essas relações são entendidas no Ensino de Física. A segunda relação está incluída nos estudos da primeira, entretanto, por nem sempre ser percebida, iremos destacar a diferença entre essas relações para compreender como o Ensino de Física tem incluído a Filosofia em suas propostas e para propor a consideração de uma nova relação, já conhecida por filósofos da Física. Além disso, queremos adiantar que este trabalho prosseguirá a partir desta segunda relação, pois é onde encontramos um papel necessário para a Filosofia e que apenas apresentaremos a primeira para que esta possa auxiliar, pelo contraste, na compreensão da segunda.

É importante notar que não pretendemos esgotar todas as relações que a Física pode ter com a Filosofia. Existem relações que não estão sendo consideradas, como a influência que os conhecimentos obtidos pela Física podem ter na Filosofia da Ciência em geral, tal qual aquela da mecânica newtoniana no sistema filosófico de Immanuel Kant, ou vice-versa, como a influência da corrente fenomenalista no relacionismo radical de *Ernst Mach*. Além disso, às vezes, os físicos se confundem com filósofos da Ciência, como na teoria de multiversos, em que eles se veem obrigados a discutir sobre critérios de demarcação entre a Ciência e outros saberes (Zinkernagel, 2011).

O estudo das próximas seções mostrará que a Filosofia da Ciência possui uma relação de segunda ordem com a Física, por se tratar de um conhecimento sobre outro conhecimento, o científico em geral, e o físico em particular. Enquanto que a relação entre o pensamento físico e o filosófico é de primeiro nível, pois nela, a presença da Filosofia na Física está para produzir conhecimento sobre o mundo. Veremos que nesta segunda relação, o pensamento filosófico é constitutivo do pensamento físico e a partir dela, articularemos o caráter necessário do pensamento filosófico para a compreensão conceitual e teórica da Física.

2.1 A RELAÇÃO ENTRE FÍSICA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Desde a antiguidade as ciências eram entendidas como parte da Filosofia. Muitos daqueles que contribuíram com o conhecimento físico de hoje eram cientistas, mas também filósofos. *Aristóteles, Descartes, Kant, Newton, Leibniz* e muitos outros elaboraram conhecimentos que tanto versavam sobre o mundo físico como construíam sistemas filosóficos. Embora no século XVIII comece a haver uma separação entre Ciência e Filosofia, até meados do século XIX essas disciplinas estavam integradas no que se conhecia como filosofia natural. O próprio título do livro de Newton de 1687 reflete essa integração: *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*.

Com o surgimento de especificidades para as Ciências e com sua crescente matematização, principalmente a partir de Galileu e Newton, surgiu a necessidade de separação entre a Física e a Filosofia. Novas relações apareceram no século XVIII e a primeira delas foi a de considerar a Filosofia como o estudo do método, pois as Ciências se mostraram rigorosas justamente por revelarem métodos para atingir o conhecimento. Serra (2008) mostra que a relação entre a Ciência e a Filosofia nessa época era entendida como uma relação de subordinação natural da primeira à segunda, sendo a Filosofia a mãe das Ciências. A Filosofia teria o papel de fundamentar a Ciência, fornecer métodos e objetivos de pesquisa, enquanto que à Ciência caberia a verificação dos fatos do mundo. Nesse sentido, a Filosofia viria antes da Ciência.

No século XIX surgiu outra forma de interpretar a relação entre Ciência e Filosofia na obra de Antero de Quental de 1890 (ibidem), em que a Filosofia teria objetivos diferentes das Ciências, mas seriam complementares e estariam se ajudando a todo o tempo. A Filosofia teria o objetivo de especular sobre o que fundamenta o mundo, enquanto que à Ciência

caberia a experimentação e o conhecimento do mundo dos fatos. A Filosofia tocara a Ciência, portanto, nas hipóteses, que contribuiriam para fundamentá-la, dar forma às teorias e interpretá-las. Assim, a significação seria também uma consequência dessa relação, uma vez que a tarefa da Filosofia seria também a de interpretar a Ciência e desvendar os enigmas colocados por ela. A Filosofia apareceria antes da Ciência, através das hipóteses, e depois, através das significações.

Entretanto, para Serra (2008), observando a Ciência contemporânea, a Filosofia não teria uma relação nem de maternidade e nem de irmandade com a Ciência, mas sim de miscigenação, em que a especialização das Ciências se tornou tão grande que já não se pode deixar o trabalho da Filosofia para os filósofos, porque seria impossível que ele se encarregasse de conhecer toda a Ciência. Assim, os cientistas foram se tornando cada vez mais filósofos, no sentido de que eles mesmos iniciaram uma reflexão de segunda ordem sobre o conhecimento científico. Essa relação entre Ciência e Filosofia de Paulo Serra é a que chamaremos de relação entre Física e Filosofia da Ciência.

Em uma primeira aproximação, a Filosofia da Ciência revela, a partir de seu próprio nome, tratar-se de um conhecimento filosófico sobre o conhecimento científico. Podemos dizer que ela é um estudo metacientífico, um estudo de segunda ordem (PINO, 2009). O novo conhecimento gerado proporciona compreensões sobre a Natureza da Ciência e sobre problemas e aspectos filosóficos ligados direta ou indiretamente às suas práticas. Para Newton da Costa (1980) a metodologia da Filosofia da Ciência se constitui principalmente pela análise semiótica, pelo recurso às ciências, pela exemplificação histórica e por elaborar modelos hipotéticos.

Os cientistas não trabalham sem aceitar pressupostos filosóficos. Eles podem até não aceitá-los enquanto refletem sobre a Ciência, mas quando estão em sua prática, não podem fugir deles. Embora não haja uma resposta para, por exemplo, dizer se as entidades postuladas pela Ciência são reais ou não, quando um físico trabalha, precisa escolher uma posição, mesmo que inconscientemente. Precisa acreditar que o neutrino existe e que pode detectá-lo, ou pelo menos fingir que acredita, para levar a cabo as medições de suas trajetórias. Precisa ter uma concepção de método científico em contextos específicos, para elaborar experimentos e obter respostas da natureza. Precisa estabelecer critérios de verdade ou falsidade das proposições que pretende verificar. Precisa interpretar a estrutura matemática das teorias, pois como saber em que medida elas se referem ao mundo? As próprias teorias, quando em funcionamento, respondem a questões filosóficas, como: o que significa espaço e tempo? O

que é uma teoria? Qual é a estrutura do mundo? Esses pressupostos, na maioria das vezes, estão implícitos na prática científica e são difíceis de serem percebidos, pois permeiam as práticas com naturalidade, tornando-se invisíveis.

Um dos objetivos da Filosofia da Ciência vai justamente nesse sentido, o de tornar visíveis os pressupostos filosóficos que permeiam suas práticas. Há uma relação explícita com o saber científico, por tê-lo como objeto de estudo. Nesse sentido, a Filosofia da Ciência possui uma dimensão prescritiva e ao mesmo tempo descritiva, como defendem Díez e Moulines (1997):

Ao descrever e tornar explícitas as regras que regem a atividade, possibilitam [as disciplinas metacientíficas] avaliar se tais regras foram seguidas ou não, em um caso concreto, se a atividade foi realizada corretamente. Ou melhor, tornar as regras explícitas e avaliar a atividade são neste caso duas faces da mesma finalidade. (p. 44)

A Filosofia da Ciência pode ser descritiva, mostrando os aspectos subjacentes ao fazer científico, mas ao mesmo tempo prescritiva por legitimar esses aspectos, que passarão a servir como referência para outros contextos dentro da Ciência. Por exemplo, quando Thomas Kuhn em seu livro “A estrutura das revoluções científicas” de 1962, diz que “a Ciência normal não tem como objetivo trazer a tona novas espécies de fenômeno” (p. 45), somos levados a observar características que justificam essa afirmação ou que levam até ela, como no caso das tentativas de manutenção da astronomia ptolomaica ou do éter no eletromagnetismo.

A Filosofia da Ciência não faz apenas o trabalho de desvendar os aspectos filosóficos imbricados nas práticas científicas, mas também o de interpretá-la criando conceitos, modelos e problemas que não necessariamente pertencem ao trabalho do físico, mas que se relacionam com ele e são capazes de explicá-lo. Por isso, além das dimensões prescritivas e descritivas da Ciência, Díez e Moulines (1997) defendem que há a dimensão interpretativa. Quando o filósofo da Ciência constrói modelos sobre a construção do conhecimento científico, ele está interpretando-o e criando novos conceitos para compreendê-lo. Esta dimensão reflete a análise conceitual das teorias, que envolve a análise de entidades criadas pela Ciência, as leis, os átomos, o espaço e o tempo, mas reflete também a busca por causas externas, como as causas sociais nas tendências das pesquisas contemporâneas de Filosofia da Ciência, que envolvem a tecnologia, as relações de poder, a economia e a política científica. As três dimensões são complementares e aparecem em quase todas as práticas do filósofo da Ciência, mudando a ênfase em uma ou outra dimensão de acordo com o contexto. Exemplos da dimensão interpretativa são os modelos sobre a evolução e progresso da Ciência, como as

teses bem conhecidas de Kuhn sobre as revoluções científicas e os paradigmas, as de Popper sobre o falseabilismo das teorias, as de *Lakatos* com seus programas de pesquisa ou numa perspectiva mais sociológica, o estudo das relações de poder na Ciência em *Bruno Latour*.

Os estudos filosóficos sobre a Ciência podem tanto versar sobre a Ciência em geral como sobre as Ciências particulares. A Filosofia da Ciência em geral, por exemplo, tem como uma de suas questões centrais a demarcação da Ciência: o que diferencia a Ciência dos outros empreendimentos humanos? Também há questões referentes à avaliação das teorias: como dizer que uma teoria foi confirmada pela experiência? Também há o interesse em estudar o método científico, em conhecer as maneiras pelas quais a Ciência constrói suas teorias, em saber se é possível encontrar métodos claros que guiam o fazer científico, como em Mário Bunge, em seu livro “Epistemologia: curso de atualização” (1980) ou em Feyerabend, em “Contra o Método” (1975).

Esse trabalho pode ser feito de uma perspectiva lógica, como no positivismo lógico do Círculo de Viena, com caráter normativo e bem delimitado e com o fim de fazer uma análise da linguagem científica fundamentada na lógica. Os sistemas filosóficos que mais seguiram essa abordagem são conhecidos como Filosofia Clássica: “sob um olhar clássico, o problema da Filosofia da Ciência não é aquilo que foi feito, mas aquilo que deve ser feito. É um problema lógico e não um problema histórico” (SOTO, p. 34, 2008).

Há também linhas de pesquisa como a francesa, que consideram a História da Ciência como um campo de problemas filosóficos e “não um espaço de aplicação de teses a serem ilustradas, como seria caso de uma Filosofia da Ciência normativa que fosse, na realidade, entendida como separada da História da Ciência” (PATY, 2005). Essas linhas revelam uma tendência a interpretar a Ciência a partir de episódios reais, não procurando prescrevê-los e dando interpretações internas, mas buscando-as dentro do próprio contexto da Ciência. Nouvel (2013) mostra que o conhecimento em geral não revela as especificidades da forma de conhecer de cada disciplina:

Consideramos que o objeto e o pensamento constroem juntos, em seu encontro, o conhecimento. Daí a necessidade de falar de formas de conhecimento, especificando a cada vez o objeto em foco em determinada forma de conhecimento (p. 18, 2013).

Nessa perspectiva, não faz sentido uma Filosofia da Ciência que seja descolada dos episódios em que ela acontece e que possua normas para obter o conhecimento científico independente de qualquer contexto. Um breve olhar para a História mostra que diferentes

compreensões sobre o fazer científico são obtidas dependendo do contexto em que estudamos a Ciência e que não podem ser reduzidos aos aspectos gerais da Ciência.

Dentro das abordagens mais particulares que a Filosofia da Ciência pode ter, a Filosofia da Física reflete os problemas mais próprios desta disciplina. Ela parte do próprio conhecimento da Física para obter reflexões não tão abstratas como a Filosofia da Ciência geral. Nas palavras de Nouvel (p. 21, 2013): “ela se quer concreta”. Assim, faz análises de casos de campos específicos da Física, como o eletromagnetismo, a relatividade ou a termodinâmica.

Estes estudos da Filosofia da Física também podem ser de caráter lógico, como o faz Bunge (1980), que interpreta a mecânica quântica analisando suas entidades teóricas e tratando, por exemplo, o problema do indeterminismo ou da interpretação da função de onda. Outro exemplo é Kosso (1998), que trata de problemas como a relação entre a aparência e a realidade das teorias Físicas, o debate realismo e antirrealismo dos constructos teóricos, a teoria da relatividade restrita e geral e suas consequências para o espaço e o tempo e a mecânica quântica e seus problemas envolvendo causalidade, probabilidade e a dualidade da luz.

Há também a Filosofia da Física que considera, além dos aspectos lógicos e estruturais, a sua História para abordar os problemas filosóficos em seus diferentes contextos. Um exemplo desta abordagem aparece em Cushing (1998), que aborda, por exemplo, a relação entre observação e experimentação a partir da comparação entre as ideias aristotélicas e baconianas. Outro exemplo é Sklar (1972), em que a metafísica do espaço e do tempo é refletida a partir dos *Principia* de Newton.

Independente da abordagem dada pela Filosofia da Ciência, ao analisarmos a prática de um físico, entendendo prática nos seus sentidos mais amplos, é visível que a forma como as questões da Filosofia da Ciência são colocadas geralmente não fazem parte desta prática. É certo que muitas vezes isso não é verdade, pois os físicos se confundem em certos momentos com os filósofos da Ciência, como *Albert Einstein* e *Niels Bohr*. Entretanto, de modo geral, o físico não tem como objetivo saber se sua Ciência pode ser demarcada ou não, não estuda a influência de sua subjetividade em sua prática, não se pergunta se a matemática é uma linguagem adequada para a Física, não fala em paradigmas kuhnianos, não está preocupado com o debate realismo e antirrealismo e nem com os meios de se chegar a uma verdade. É por

isso que o conhecimento proporcionado pela Filosofia da Ciência é novo e diferente do conhecimento científico.

É importante ressaltar que o fato de os físicos não estarem, de modo geral, preocupados com os conhecimentos da Filosofia da Ciência não significa que essas preocupações não ocorram, e nem que de modo implícito elas não existam, mas o objeto da Física é diferente do objeto da Filosofia da Física e portanto o conhecimento obtido também será diferente, assim como suas intenções e seus modos de pensar.

2.2 A RELAÇÃO ENTRE O PENSAMENTO FÍSICO E O FILOSÓFICO

A Filosofia da Física, sobretudo a epistemologia histórica, acrescenta um importante estudo sobre a Física, que é o de sua racionalidade⁷, daquilo que compõe a essência de sua maneira própria de pensar, o que irá mostrar uma relação bastante próxima entre o pensamento físico e o filosófico. Esta relação corresponde àquela de primeira ordem, pois se trata de uma relação direta com o objeto da Física, de certos aspectos da forma de pensar da Física que são confundidos com a forma de pensar da Filosofia.

A relação que Paulo Serra (2008) faz entre Ciência e Filosofia, como apresentamos na seção anterior, é sempre uma relação que faz uso de um conhecimento filosófico pelo físico para estudar outro conhecimento, que é o físico, o que chamamos de relação entre Física e Filosofia da Ciência. Mas a relação entre o pensamento físico e o pensamento filosófico é bastante diferente, pois se trata de um uso do conhecimento filosófico para pensar o mundo físico, e não o próprio conhecimento criado por eles. E não podemos dizer que essa relação surgiu apenas na Ciência contemporânea, pois como veremos nesta seção, ela é visceral para a Física.

Pensar qualquer disciplina como bem delimitada e separada das demais é simplificar o pensamento humano sobre um mundo complexo e que não se reduz às definições que muitas vezes fazemos em alguns contextos. Em se tratando do pensamento físico, encontramos que em muitos aspectos, inclusive aqueles viscerais para sua estruturação, não é possível

⁷ Neste trabalho estamos considerando a racionalidade de um modo bastante geral, como sendo aquilo em que consiste a essência do pensamento físico, ou seja, o pano de fundo, compartilhado pelos físicos, que guia suas ações e raciocínios. Mais tarde, no segundo capítulo detalharemos esse conceito de um ponto de vista wittgensteiniano.

distingui-lo do pensamento filosófico e nem do matemático. Nesta seção mostraremos quais são as intersecções entre a forma de pensar da Física e da Filosofia sem focar no papel estruturante da matemática, e nisso consiste uma das limitações desta pesquisa. No capítulo seguinte retornaremos a essa relação sob um olhar wittgensteiniano e traremos novas interpretações.

Em um primeiro momento, é importante salientar que qualquer forma de conhecimento exige ser expresso por formas simbólicas (PATY, 2001). Com a Física não é diferente. Seu conhecimento permite o pensamento do mundo a partir de conceitos, princípios e relações entre eles, elementos que terminam por representar e compreender o mundo no pensamento. Além disso, “como a atividade racional se expressa por meio da linguagem, os contextos racionais não passam de contextos linguísticos” (COSTA, p. 4, 1980). Em meio ao caos dos nossos sentidos e daquilo que eles captam do mundo, os conceitos tornam-se necessários para que possamos organizar o mundo físico. Assim, mesmo em uma primeira interação do físico com os dados empíricos não é possível que ele perceba apenas dados puros da experiência, não é possível pensá-la sem ter pelo menos algum nível de teorização prévia.

Por isso, neste momento cabe o estudo dos elementos que possibilitam a organização do mundo físico no pensamento, para que seja possível perceber em que medida a Filosofia toma parte deles. Os elementos que traremos aqui são os conceitos físicos, as relações entre eles e algumas características do pensamento físico. É claro que existem outros que influenciam o pensamento físico, como por exemplo, aqueles relacionados aos valores individuais de cada cientista, entretanto, os elementos que serão estudados são aqueles que permitem um nível de objetividade e que sem os quais é impossível dizer que alguém pensa fisicamente e muito menos concordar com as compreensões a respeito do mundo físico.

Uma das propostas da Física é a compreensão de fenômenos e propriedades Físicas a partir de uma determinada forma de pensamento. Este, só é possível a partir de conceitos e relações entre eles, encontrados em forma de teorias, modelos e leis da Física. As teorias, como a mecânica clássica, a relatividade, a termodinâmica e a mecânica quântica são altamente formalizadas, possuem uma presença marcante da matemática. Esse alto grau de abstração, entretanto, parece estar cada vez mais longe do mundo visível. Por outro lado, as teorias, por mais abstratas que sejam, devem referir-se ao mundo empírico. Como é possível essa intermediação? Por exemplo, como a equação de Schrödinger ou as equações da cinemática se referem ao mundo? Nesse contexto, Paty (1992) aponta para um problema:

Parece existirem aí dois pressupostos ou propriedades em oposição, senão contraditórios. De um lado, a teoria que daria, na transparência quase axiomática dos enunciados, o sentido deles próprios (isto é, seu *conteúdo*, neste caso seu *conteúdo físico*). De outro lado, se o conteúdo tem como objeto a natureza (no caso do nosso interesse, a *realidade Física*), está ligado a dados da experiência (assim sendo, pode ser chamado de empírico), e não pode ser relatado apenas por uma estrutura formal. Os enunciados de uma Ciência teórica implicam, portanto, uma tensão entre o caráter formal e o conteúdo, referindo-se este à necessidade do real. (p. 107, grifo do autor)

Essa tensão nos leva a perguntar qual é o significado das proposições tão abstratas da Física e como é possível uma compreensão sobre o mundo a partir delas. Na resposta a essa pergunta é onde aparece a primeira miscigenação entre Física e Filosofia. É justamente na significação dos conceitos e das proposições da Física que a Filosofia se confunde com ela, uma vez que ambas as atividades constroem significações.

Um dos trabalhos da Filosofia é interpretar as significações de conceitos, revelando suas posições em um esquema geral de conhecimento. Há quem diga que a tarefa da Filosofia da Ciência é justamente fazer esse trabalho pela Física, entretanto, esse trabalho não pode estar nas mãos dos filósofos, uma vez que a teoria já “traz em si mesma a necessidade de sua própria interpretação” (PATY, p. 103, 1993). Do contrário, como as teorias Físicas poderiam se referir ao mundo? O trabalho dos filósofos da Ciência, nesse contexto, é o de esclarecer os significados, não o de criá-los, pois eles já estão contidos dentro da própria teoria. Ao contrário do que se pensa em concepções tradicionais de interpretação⁸, o conhecimento físico não precisa ser interpretado externamente, seus significados já são construídos nos momentos de elaboração e reorganização teórica (PATY, 1992).

Os termos matemáticos não se referem ao mundo diretamente. É necessário um trabalho de construção também dos significados, e esse trabalho não pode ser reservado aos filósofos, pois os significados já devem estar presentes nas teorias para que elas possam servir para a compreensão do mundo. Teríamos que esperar um filósofo para nos dizer o que eles significam? A interpretação dos elementos formais de uma teoria Física faz parte do trabalho do físico, e é através dela que os significados são trazidos e se ligam com o mundo empírico.

Para Paty (1992) não é possível dizer que o significado estaria na ligação direta entre uma grandeza matemática e o mundo, como tentaram os empiristas, pois basta observarmos os constructos teóricos da Física para perceber que não há uma verificação empírica de todos eles, mas sim que interpretamos os fenômenos e propriedades Físicas do ponto de vista de

⁸ Como aquelas presentes nas ideias de Hans Reichenbach. Ver por exemplo em “Einstein, cientista e filósofo? De Michel Paty (1993).

uma teoria como um todo. Nessa lacuna, nessa impossibilidade de ligar diretamente as grandezas matemáticas ao mundo, é que o pensamento filosófico aparece. Quando o físico olha para um fenômeno, o faz com um grau mínimo de conceituação e quando realiza experimentos sobre ele, procura reestruturar os conceitos e dar novos significados e relações para eles, que dependem dos novos resultados obtidos da experiência. O físico, portanto, ao interpretar os resultados da experiência, está constantemente elaborando significados para reorganizar a teoria. Por isso, dizemos que os significados já pertencem à teoria, pois do contrário, o diálogo entre o empírico e o formal não ocorreria, uma vez que a intenção da formalização é, no fim de tudo, referir-se ao empírico. Nesse sentido:

A Física, como toda Ciência particular, toma emprestado da Filosofia elementos de significação. Este é precisamente o caso das categorias gerais como as de ordem, lei, causalidade e determinismo, mas também as de teoria e princípio, sem as quais esta Ciência não poderia definir objetos e procedimentos, nem mesmo ser pensada. (PATY, p. 103, 1993)

Para interpretar o mundo físico é necessário, por exemplo, ter uma concepção de verdade como a da mecânica clássica que estabelece critérios para dizer quais são os movimentos verdadeiros, como a da relatividade restrita que estabelece a velocidade da luz absoluta nos referenciais inerciais ou ainda como a de Ernst Mach, em que só existem as relações entre objetos e não existem movimentos absolutos. As teorias macroscópicas possuem concepções de espaço e tempo, absolutos ou relativos em diferentes sentidos. Possuem critérios para conhecer o mundo através de experimentos, como a interpretação da dualidade onda-partícula da luz na mecânica quântica, que permite identificá-la em suas diferentes manifestações.

A Filosofia aparece na elaboração das significações, mas muitas vezes elas não estão totalmente claras para os físicos, uma vez que durante o uso das teorias para interpretar os fenômenos deve-se confiar na teoria como critério a priori de sentido a eles. Nesse ponto, estas formas já estão construídas e muitas vezes são seguidas às cegas pelo físico, sem uma reflexão e nem esclarecimento. Entretanto, quando algo na experiência não está de acordo com as conceituações prévias do físico, ele se vê encurralado a esclarecer os significados e compreender os aspectos mais fundamentais das teorias, para que possa assim propor novos fundamentos. Para isso, há a exigência de um esclarecimento dos conceitos e dos pressupostos, tarefa já consagrada como sendo da Filosofia. A Física realiza uma reflexão sobre si mesma, tarefa que não pode ser deixada para os filósofos, principalmente pelo alto nível de especialização da Física contemporânea. Essa tarefa se reflete numa dimensão crítica da Ciência, presente inclusive no seu modo de ser:

[...] a dimensão crítica não se deixa reduzir à axiomatização e à formalização. É atividade informal, constituindo-se essencialmente em crítica de ideias, de pressupostos, da linguagem etc. Trata-se de análise conceitual semelhante às de Einstein sobre o espaço e o tempo e de Mach sobre os fundamentos da mecânica. [...] ela se afirma como pilar irremovível da racionalidade. (COSTA, p. 204, 1997)

Podemos dizer também que, de certa maneira, a presença do pensamento filosófico na Física é um dos elementos que permite sua mudança e seu progresso, uma vez que eles podem ser mudados, por seu caráter de sempre deixarem lacunas com relação aos dados empíricos. O desejo da crítica está imbricado no pensamento físico porque é essa dimensão que permite ampliar o grau de descrição da realidade através da criação de novas formas de interpretá-la.

A reflexão sobre as teorias já construídas acontece principalmente em momentos de crise. São nesses momentos, em que a teorização prévia já não se adéqua aos fenômenos físicos, que o físico precisa rever seus fundamentos e pensar em novas respostas para as antigas perguntas. Além de propor os significados dos termos teóricos, quando esses termos precisam ser mudados, o físico precisa recorrer aos fundamentos das teorias, que na maioria das vezes não estão expressos explicitamente no formalismo matemático, mas que foram os elementos essenciais que deram sentido a termos teóricos e que estabeleceram as relações entre os conceitos.

As revoluções dentro da Física, no início do século XX, com a chegada da teoria da relatividade restrita e geral e da mecânica quântica são um exemplo bastante claro de como a análise crítica dos fundamentos da mecânica newtoniana foi necessária para a proposta de novas formas de se pensar o mundo. É claro também que esses questionamentos foram provocados por resultados contraditórios da experiência e da observação, mas novas teorias apenas são propostas com novos pressupostos (não necessariamente filosóficos, mas com relações estritas com eles).

As concepções de espaço, tempo, movimento e referencial foram profundamente refletidas antes da elaboração da teoria da relatividade. O intuito da Física antes dela era encontrar um referencial para a medida do movimento absoluto, desejo expresso não apenas da mecânica clássica como no eletromagnetismo, com a busca pelo éter. Einstein percebeu que a resposta para a pergunta “qual é o referencial para medir os movimentos?” não precisava ser dada a partir da escolha de um referencial material absoluto, como se tentava fazer até então, mas que poderia também receber outra resposta. E ele percebeu isso justamente por se tratar de uma questão que não pode ser verificada empiricamente, por ser uma questão filosófica sem uma única resposta e que, portanto, pode mudar. A possibilidade

de fornecer outra resposta para a mesma pergunta foi o que contribuiu para que Einstein mudasse a forma como a Física concebe a medida dos movimentos, em vez de ter um referencial absoluto, o movimento seria baseado na medida da velocidade da luz, ou seja, na criação de um novo absoluto. Sklar (1998) afirma que:

A Física, na sua tentativa de fazer justiça aos fenômenos enigmáticos e inesperados revelados pelas técnicas experimentais modernas, exige uma revisão radical de conceitos nunca antes colocados em questão. As novas teorias tornam necessário um exame das bases empíricas e inferenciais que estão por detrás dos seus pressupostos. Assim, a Física teórica recente tornou-se um palco onde os modos filosóficos de pensar são uma componente essencial do progresso da Física. (p. 10)

Por isso, Possenti (1997) afirma que o trabalho do físico é uma constante reestruturação da linguagem da Física. E em uma linguagem, não há apenas conceitos, mas as relações entre eles são tão importantes quanto os próprios conceitos. As relações são tanto de caráter matemático como filosófico. Por exemplo, a terceira lei de Newton relaciona uma força de ação com outra de reação de forma matemática por mostrar que ela contém o mesmo módulo e com direções vetoriais opostas, e de modo filosófico, por conter de modo implícito no conjunto da dinâmica, que a força de reação surge a partir de uma tentativa de retirar um determinado objeto de seu estado de inércia.

Falar em um pensamento físico é dizer que a Física possui uma racionalidade. Os estudos da epistemologia histórica da Ciência, entre outros objetivos, buscam entender a racionalidade pertencente à Física, que é o que caracteriza a maneira como o físico pensa, que permite organizar e compreender o mundo físico, estabelecer critérios para a escolha das teorias, permite o pensamento físico a partir de seus elementos racionais, empíricos e formais, permite certo grau de objetividade e comunicação, assim como a intuição e a criatividade (GRANGER, 1985; PATY, 2005). A racionalidade científica possui uma série de outros aspectos que não trataremos aqui, como os ligados ao estilo de cada cientista (PATY, 2010), por nos preocuparmos mais com aqueles que permitem a objetividade na física, elementos compartilhados por toda a comunidade. Interessam-nos pelos aspectos que permitem a interpretação e a crítica das teorias, que são aqueles em que a Filosofia se mostra presente no pensamento físico.

Os aspectos mencionados anteriormente sobre a significação das teorias altamente formalizadas estão presentes no pensamento físico, em que “[...] a inteligibilidade se identifica, em grande parte, à racionalidade, concebida como ordenação dos elementos primitivos de conhecimento (a começar pelas sensações) que nos são fornecidos” (PATY,

1992). Ou seja, os físicos ao olharem para o mundo não podem fazê-lo sem antes interpretar seus constructos teóricos, seja para compreender o resultado de uma experiência que se adéqua à teoria ou para formular novos conceitos a partir dos antigos ao encontrar contradições nos resultados da experiência. De uma forma ou de outra, a racionalidade Física precisa de seus conceitos, das relações entre eles, de seus significados e interpretações para ser colocada em prática.

As significações e a dimensão crítica não são separáveis nem sequer no momento de criação e a necessidade de interpretação permanece mesmo após passada a época revolucionária. Por isso, não podemos dizer que a Filosofia apenas impulsiona a Física, mas está entrelaçada na Física:

O enunciado das significações – inclusive seu ordenamento segundo uma perspectiva que as relaciona à unidade do conhecimento – faz parte da atividade do físico, que recebe daí uma dimensão diretamente filosófica. O que, é preciso frisar, não substitui o trabalho posterior do filósofo no sentido de desvendar os significados num desenho mais amplo. Mas a clivagem não é tão nítida e vemos que a Física, por ter algo de fundamental, é também Filosofia. (PATY, 1993, p. 106).

E por conter de modo constitutivo o pensamento filosófico, a Física irá criar uma visão de mundo que não pode deixar alguns aspectos filosóficos de lado, irá conter em suas significações, conceitos e teorias, elementos que para serem compreendidos e possibilitarem uma compreensão do mundo físico, necessitam de um conhecimento também filosófico. É nesta relação que encontraremos um caráter necessário do pensamento filosófico para a Física.

2.3 REFLEXÕES SOBRE O PAPEL DA FILOSOFIA NO ENSINO DE FÍSICA

A separação realizada nas seções anteriores entre as relações da Física com a Filosofia não é totalmente verdadeira e muitas vezes o que foi dito para uma relação também cabe para a outra. Mas essa diferenciação existe em certo nível, pelo menos com relação à intenção dos físicos e dos filósofos da Ciência e neste momento nos será útil para perceber como o Ensino de Física tem considerado a Filosofia e como este poderia considerá-la.

A relação entre Física e Filosofia da Ciência, com seus novos conhecimentos de segunda ordem, pode trazer elementos que não podem ser percebidos apenas a partir do aprendizado das teorias da Física e, com isso, proporcionar uma metarreflexão sobre ela.

Dessa forma, distanciando-se do conhecimento físico, é possível compreender a Natureza da Ciência, como ela tem sido construída, quais são os aspectos que influenciam na dinâmica das construções das teorias, quais são as características do trabalho científico, qual é o seu papel em nossa sociedade contemporânea, como as teorias evoluem ou ainda perceber como a subjetividade do cientista tem um papel importante em sua construção.

A Filosofia da Ciência, incluída no Ensino de Física, pode assumir abordagens como aquelas descritivas e normativas, ou mais interpretativas, através de modelos e de esclarecimentos sobre os significados dos conceitos e proposições das Ciências, que também nem sempre são percebidos por estarem implícitos na atuação do físico e em suas teorias.

Procurar uma abordagem mais descritiva e normativa do fazer científico em geral, descolada da análise de casos particulares, será o mesmo que ensinar regras gerais para fazer Ciência. Se nenhum caso for analisado, baseado nessas regras, elas serão memorizadas. E se mesmo na análise de alguns casos, a Física for vista sempre de um mesmo ponto de vista, forneceremos ao estudante uma definição única de sua natureza e provavelmente seremos injustos com a História, impedindo o conhecimento da Física de pontos de vistas diferentes. Não estamos defendendo que a análise da Ciência em determinados momentos não possa ser descolada de casos particulares, mas sim que esses precisam ser estudados em algum momento, pois os conceitos gerais sempre são abstratos e longe das situações reais. Estamos chamando de casos particulares tanto aqueles ocorridos na História da Física, que tendem a permitir uma compreensão de sua natureza, como aqueles internos a uma teoria Física, que tendem a permitir uma abordagem interpretativa da Filosofia da Ciência, através da elucidação dos conceitos e proposições e por isso um esclarecimento dos significados já presentes na teoria. Essas divisões não são tão sensíveis, pois como abordamos em seções anteriores, as abordagens normativas, descritivas e interpretativas estão presentes em algum nível na maioria dos estudos da Filosofia da Ciência e, por isso, é possível que o estudo de um caso particular da História propicie a elucidação conceitual e também que o estudo de um problema interno de uma teoria permita percepção de aspectos característicos de sua natureza.

As explicitações dos pressupostos da prática científica, as elucidações conceituais e as compreensões a partir de modelos possibilitam uma crítica da Ciência, pois fornecem ferramentas para refletir sobre seus pressupostos, para analisar os significados e consequências do conhecimento produzido. A Filosofia da Ciência permite-nos enxergar os limites da Física e percebê-la como uma atividade que pode ser repensada. Daí o seu grande papel na educação.

Convém pensar neste momento se é possível que a Filosofia da Ciência tenha essa grande contribuição para a educação sem uma aprendizagem do pensamento físico, mesmo que em um nível mínimo. Lembrando que o pensamento físico exige necessariamente o aprendizado dos conceitos e das relações entre eles para interpretar o mundo e que o aspecto filosófico é igualmente necessário, assim como o matemático.

Em uma primeira reflexão, já podemos descartar a abordagem interpretativa caso o pensamento físico não seja compreendido, uma vez que ela necessita que os conceitos e proposições das teorias Físicas sejam primeiro aprendidos para depois serem elucidados. Do contrário, como seria possível elucidar significados daquilo que não conhecemos?

Lembrando que as abordagens da Filosofia da Ciência em sua maioria possuem algum nível da abordagem interpretativa, esta já seria uma falta importante mesmo nas abordagens que se pretendam descritivas e normativas. Supondo essas últimas, os estudos dos casos particulares da História talvez tragam algumas noções sobre a Natureza da Ciência naqueles aspectos mais externos às teorias, mesmo sabendo alguns aspectos relacionados aos objetivos do físico em determinada situação real não poderão ser compreendidos.

As abordagens que parecem não envolver uma dimensão interpretativa, ou seja, que não aparentam necessitar de elementos racionais da Física como conceitos e princípios, são aquelas mais voltadas para a sociologia da Ciência, necessária para identificar a presença da Ciência na sociedade, mas que não se resume a isso e também não deixa de ter uma ligação com a mudança nas formas de representar o mundo físico. Nesse caso, concluímos de nossa breve análise que esta seria a única abordagem possível.

Mesmo a tentativa de integrar o conteúdo com seu surgimento e evolução histórico-conceitual tem separado numa mesma atividade o conteúdo que se refere às teorias físicas e aqueles da Natureza da Ciência, mantendo assim uma relação entre física e filosofia de segunda ordem.

A Filosofia tem sido considerada no Ensino de Física a partir da relação de segunda ordem, aquela entre Física e Filosofia da Ciência. E tem-se pregado que essa relação é capaz de tornar as aulas mais interessantes e proporcionar uma crítica à Ciência. E isso tudo porque o aprendizado das teorias Físicas, apenas, não é capaz de proporcionar isso. Para nós, é um equívoco transferir a responsabilidade do Ensino de Física e da possibilidade de sua própria crítica para a Filosofia da Ciência. Embora saibamos que ela é indispensável para uma compreensão completa da Física, há uma desconsideração do aspecto que dá vida à Física e

permite o pensamento do mundo a partir dela, que é a sua racionalidade. E como tal, não é possível sem o pensamento filosófico.

Voltando-nos para a relação entre o pensamento físico e o filosófico, percebemos que se quisermos formar sujeitos com uma visão pelo menos holística da Física, o pensamento físico precisa ser considerado nas pesquisas em Ensino de Física, porque constitui aquilo que diferencia a Física de outras formas de conhecimento. E como mostramos, a forma de pensar da Física contém aspectos do pensamento filosófico de caráter necessário para se referir ao mundo físico. Por isso, o ensino das teorias Físicas do ponto de vista apenas matemático não parece ser completo, porque neste ponto a dimensão filosófica é tão importante quanto a matemática.

Os problemas que fundamentam o conhecimento, as lacunas que existem nele e sua relação com o mundo físico (que alias é nada menos que o principal poder de conhecimento que a Física proporciona), não são levados em conta quando apenas a dimensão matemática da Física é abordada. Dessa forma, as teorias da Física não estão sendo ensinadas de forma completa e como consequência, nossos estudantes estão fazendo análises de casos particulares da Natureza da Ciência e ganhando com isso a memorização de afirmações, justamente aquilo que não queríamos e que sempre criticamos. A Filosofia precisa, portanto, ter um papel visceral no Ensino de Física, caso ainda queiramos ensinar suas teorias e proporcionar reflexões que estejam de acordo com nossos objetivos gerais da educação.

Após essas análises e num primeiro direcionamento à resposta da pergunta de pesquisa, diremos que o caráter necessário da Filosofia na compreensão da Física deve ser buscado na relação do pensamento físico com o filosófico. Agora, dizer que a Filosofia tem um papel essencial na estrutura do conhecimento físico ainda não significa que ele seja necessário para a compreensão das teorias Físicas, porque ainda não precisamos o que entendemos por compreensão. Ainda nos falta um estudo mais profundo da linguagem da Física, o que nos possibilitará delimitar melhor o que significa compreender e também trazer outros conceitos importantes para aprofundarmos nossas reflexões. Faremos isso no próximo capítulo.

3. PENSAMENTO, LINGUAGEM, MUNDO FÍSICO E EDUCAÇÃO A PARTIR DE WITTGENSTEIN

Não devo cortar o galho no qual estou sentado. (IF, §55)

Como a linguagem é possível? Quais são as relações entre linguagem, pensamento e mundo? Essas são questões que o influente filósofo da linguagem, o austríaco Ludwig Wittgenstein (1889-1951), procurou responder em suas investigações. É costume dividir sua trajetória em duas fases distintas. A primeira delas se relaciona à obra *Tractatus Logico-Philosophicus* (1921), em que a possibilidade da linguagem estaria na capacidade de representar o mundo, ou seja, os signos linguísticos deveriam se referir a objetos diferentes deles, assim como a palavra árvore deve substituir o objeto árvore. Tal possibilidade se daria pela correspondência entre a forma lógica do mundo e a da linguagem. Esse modo de conceber a linguagem tem como uma de suas consequências a concepção mentalista do significado, em que as palavras sozinhas estariam mortas e seus significados seriam dados por um trabalho de interpretação do sujeito, sendo essa interpretação uma associação das palavras com imagens mentais, que teriam como consequência, portanto, a ideia de que o significado está na cabeça daquele que utiliza a linguagem.

A segunda fase de pensamento de Wittgenstein, iniciada em 1929, traz uma reflexão profunda sobre sua primeira obra e sobre a tradição filosófica que entendia a linguagem da mesma maneira. Ele rejeita completamente, a partir desta fase, a ideia de significado como representação mental e desenvolve uma investigação em que se levam em conta as diferentes formas em que a linguagem é usada, mostrando que ela vai além de sua capacidade de etiquetar objetos do mundo e que o significado das palavras está nos usos que se fazem delas em diferentes contextos linguísticos. Essa tese irá se fundamentar em outra mais profunda, a de que as práticas linguísticas são guiadas por normas.

Tais teses se encontram principalmente em sua obra póstuma *Investigações Filosóficas* (1953), cuja metodologia de investigação se dá através da visão panorâmica da linguagem, ou seja, proporcionando uma gama de pontos de vistas diferentes sobre os usos das palavras, descrevendo-os. Essa metodologia está refletida na estrutura do texto, composto por parágrafos aparentemente desconexos, mas que procuram trazer fotografias da linguagem, como se sua obra fosse uma espécie de álbum. Além disso, esse modo de escrever utilizando analogias e metáforas será também parte importante de sua metodologia, pela possibilidade que elas trazem de fazer relações de semelhança entre contextos aparentados, refletindo

também mais uma contribuição sobre as características dos conceitos, que abordaremos mais adiante. Há também o uso de interlocutores, com suas falas identificadas entre aspas.

Neste capítulo detalharemos essas teses da fase tardia de Wittgenstein, aquelas em que há mais consenso entre os interpretes, bem como as implicações que elas podem ter para o Ensino de Física. Embora as reflexões trazidas por este filósofo se direcionem, na maioria das vezes, para a linguagem matemática com a finalidade de dissolver problemas filosóficos, nos apropriaremos daquelas considerações que sejam pertinentes para a linguagem da Física e para o Ensino de Física. Dessa forma, os exemplos sobre Física e seu ensino são construídos por nós. Wittgenstein também não faz afirmações diretas à Educação, mas sua filosofia tem implicações de caráter fundamental, uma vez que este filósofo se pergunta sobre o modo como a linguagem é aprendida, como também estudaremos a seguir.

3.1 VISÕES DOGMÁTICAS SOBRE A LINGUAGEM

Mas a virtude, quanto ao ser virtude, diferirá em alguma coisa, quer esteja numa criança ou num velho, quer numa mulher ou num homem?
(SÓCRATES. In: **Ménon** de Platão)

O trecho acima citado, extraído do diálogo Ménon de Platão, traz como questão principal a busca do que é a virtude, motivada pelo interesse de Mênon em saber se seria possível ensiná-la. Ao final do diálogo, tal definição não é alcançada e chega-se à conclusão de que enquanto ela não existir não será possível saber qual a possibilidade de ensiná-la ou qualquer outra propriedade. Essa busca é, em outros termos, a busca por algo que seja comum a toda forma de virtude. Mesmo a virtude se apresentando de formas diferentes no homem, na mulher, na criança, no escravo, deve haver algo comum, pois, do contrário, não poderíamos chamá-las todas pela mesma palavra. Aqui, considera-se que o significado de virtude substitui uma espécie de entidade existente independente dela. Tal maneira de conceber a linguagem é conhecida como concepção referencial, em que as palavras são os sinais que substituem os objetos, sejam eles materiais, mentais ou convencionais. As palavras da nossa linguagem teriam uma referencia no mundo e seriam responsáveis por atuarem como etiqueta dos objetos, sem interferir neles.

Nessa concepção, as palavras são apenas um meio para se chegar à realidade. Assim, o mundo é perfeitamente acessível para nós, assim como o pensamento é totalmente livre e a

linguagem é utilizada para representá-lo, para simbolizar seus elementos. A realidade do mundo e do pensamento é, portanto, independente da linguagem. Esta seria a totalidade das proposições, o conjunto das palavras e das formas como estas podem se combinar. Wittgenstein assim considerava a linguagem no *Tractatus* (SPICA, 2009), e essa era, igualmente, a concepção de linguagem dominante na filosofia antes da segunda fase de seu pensamento.

Wittgenstein, em sua primeira obra, construiu uma nova maneira de conceber a linguagem, mas ainda manteve a concepção referencial, como seus antecessores *Bertrand Russell* (1872 – 1970) e *Gottlob Frege* (1848 – 1925). Nesta obra, supondo que o mundo seria organizado de forma lógica, o filósofo defendeu que as proposições da linguagem deveriam ter a mesma forma do mundo. As palavras deveriam nomear os objetos e as proposições relacionar esses nomes da mesma forma como os objetos estão ou estariam relacionados no mundo caso a proposição fosse verdadeira. A proposição refletiria, portanto, o mundo afigurando-se a ele, possuindo a mesma forma lógica e possibilitaria também o pensamento, que já viria expresso em proposições com sentido, por serem projeções do mundo (SEGATTO, 2011). Isso delimitaria, para Wittgenstein, aquilo que deve ser pensado e o que teria sentido. Conceitos como virtude seriam sem sentido, pois não a encontramos no mundo sob uma forma lógica.

Para Wittgenstein, a concepção referencial da linguagem é dogmática, uma vez que toma como modelo apenas determinados usos das palavras, desconsiderando muitos outros. Ele nos chama a atenção, ao falar sobre o aprendizado da linguagem, para o fato de que não aprendemos apenas a denominar objetos, mas também outras funções para as palavras:

Acredita-se que o aprendizado da linguagem consiste no fato de que se dá nomes aos objetos: homens, formas, cores, estados de espírito, números etc. Como foi dito, — o denominar é algo análogo a pregar uma etiqueta numa coisa. Pode-se chamar isso de preparação para o uso de uma palavra. Mas *sobre que se dá a preparação?*

‘Denominamos as coisas e podemos falar sobre elas, referir-mo-nos a elas no discurso’. Como se já fosse dado, com o ato de denominar, uma coisa que significasse: ‘falar das coisas’. Ao passo que fazemos as coisas mais diferentes com nossas frases. Pensemos apenas nas exclamações. Com todas as suas funções distintas:

Água!

Fora!

Ai!

Socorro!

Bonito!

Não!

Você ainda está inclinado a chamar essas palavras de ‘denominação de objetos’? (IF, §26 e §27)

Ao aplicar o modelo referencial para toda a linguagem, como para a definição de virtude no diálogo de Sócrates, é que surgem problemas para a filosofia, pois nem toda palavra de nossa linguagem é usada de modo referencial, como é o caso da palavra virtude. Wittgenstein considera que tais problemas surgem da falta de uma visão panorâmica da linguagem, ou seja, da falta de observação dos diferentes usos que as palavras podem ter.

Podemos, por exemplo, utilizar a palavra tesoura para designar uma ferramenta, mas também para pedir uma tesoura a alguém, dependendo da entonação de nossa voz. Podemos chamar a uma série de objetos diferentes pela mesma palavra, como a palavra mesa, pois existem tipos diferentes de mesas e de objetos que às vezes ficamos em dúvida se são mesas ou não, e isso não significa que quando aprendemos essa palavra temos em mente algo que seja a essência de mesa ou que exista um único tipo ao qual a palavra substitui. É porque as palavras possuem usos diferentes que não podemos dizer que elas se definem em apenas em um de seus usos e descartar os demais.

Outro dogma gerado pela falta de visão panorâmica é a ideia de que as palavras sempre expressam conceitos a partir de regras bem determinadas, podendo ser definidos de modo independente de um contexto, ou seja, generalizados. Wittgenstein nos mostra que ao observarmos a linguagem em funcionamento veremos que há muitos conceitos que não possuem uma normatividade bem determinada, como em seu exemplo esclarecedor do uso da palavra jogo (que, aliás, irá lhe servir em muitas analogias). Existem muitos tipos de jogos, como os de tabuleiro, de esportes competitivos, de cartas, de dados, entre outros. Poderíamos responder o que é jogo? Encontrar uma referência no mundo ou na mente que substitua e defina a palavra jogo? Poderíamos, por exemplo, responder que jogos são atividades que possuem regras? Não, porque existem atividades regradas que não são jogos. Wittgenstein nos mostra que não é possível encontrar uma essência que defina a palavra jogo e que também não podemos utilizar uma única aplicação desta palavra para fazer generalizações:

O que é comum a todos eles? Não diga: ‘Algo deve ser comum a eles, senão não se chamariam ‘jogos’’, - mas veja se algo é comum a eles todos. – Pois, se você os contempla, não verá na verdade algo que fosse comum a todos, mas verá semelhanças, parentescos, e até toda uma série deles (IF, §66)

É como se alguém explicasse: ‘Jogar consiste em empurrar coisas segundo certas regras numa superfície...’ – e nós lhe respondêssemos: ‘Você parece pensar nos jogos de tabuleiro, mas nem todos os jogos são assim. Você pode retificar sua explicação, limitando-a expressamente a esses jogos’. (IF, §3)

Não sendo possível encontrar uma única regra que determinaria o significado das palavras, este tampouco poderia ser uma imagem mental:

Se me mostrarem diferentes folhas e me disserem: ‘Isto chama-se ‘folha’, então adquiro um conceito da forma de folha, uma imagem dela no espírito. — Mas que aspecto tem pois a imagem de uma folha que não mostra uma forma determinada, mas sim ‘o que é comum a todas as formas de folha’? Que tom de cor tem o ‘modelo no meu espírito’ da cor verde — daquilo que é comum a todos os tons de verde? (IF, §73).

A palavra jogo expressa um conceito que não possui uma normatividade bem definida, permitindo que esta palavra possa ser utilizada para diferentes casos. Por isso, Wittgenstein rejeita tanto a ideia de que o significado possui uma referencia externa à linguagem, quanto a de que esses significados podem ser bem definidos, rejeições baseadas na observação dos modos como a linguagem é utilizada e que geram novas propostas para a possibilidade da linguagem e para a questão do significado das palavras. Antes de apresentar as teses de Wittgenstein para superar esses dogmas linguísticos, convém refletir sobre a presença deles em nosso campo de estudo.

Se nos apropriamos das críticas wittgensteinianas à tradição filosófica e olharmos para as pesquisas em Ensino de Física, mais precisamente para aquelas que envolvem a História e a Filosofia da Ciência, veremos que elas também sofrem de dogmatismos linguísticos, uma vez que buscam a essência de certos conceitos independente de um contexto. Basta observarmos as questões de avaliação dessas pesquisas, derivadas da abordagem de Lederman et al. (2002), tais como:

[...] Há uma diferença entre teoria científica e uma lei científica? [...] O que é um experimento? [...] O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos? [...] Na sua visão, o que é ciência? O que torna a Ciência [...] diferente de outras formas de investigação? (TEIXEIRA, FREIRE, EL HANI, p. 55, 2009)

Essas são questões que exigem uma definição generalizada, ou seja, exige que se encontre a regra que diz como se aplicam palavras como experimento ou Ciência. A concepção referencial também aparece naquelas pesquisas que se propõem a analisar a compreensão conceitual e perguntam em suas avaliações, por exemplo, o significado de movimento (HARRES, 2002), de espaço (RONCANCIO e URBANO, 2006), de energia, calor, temperatura, massa, força (GALILI e LEHAVI, 2006).

Como dissemos, a concepção referencial da linguagem considera as palavras como substitutos dos objetos do mundo. E essa também é a proposta da linguagem da Física, ela se pretende referencial porque acredita estar descrevendo o mundo tal como ele é. Todavia,

apesar de existirem conceitos que podem ter regras bem definidas nas teorias físicas, há outros mais fundamentais que não satisfazem a essas condições, como ocorre com o conceito de espaço, tempo, movimento, inércia, entre outros. Enquanto o conceito de velocidade possui regras mais restritas, como ser a variação da distância pelo tempo, o conceito de espaço abrange uma família maior regras e neste caso se assemelha ao conceito de jogo que mencionamos acima. O espaço não é identificado apenas pela distância que pode possuir entre dois de seus pontos, mas também por sua relação com a matéria, com o referencial, com o movimento, entre outras. Quando observamos a palavra espaço sendo utilizada em outros contextos físicos, para além daqueles matemáticos, como nos momentos de crítica à mecânica clássica na história da Física, identificamos que outras regras compõem a normatividade deste conceito. E o mesmo acontece com o conceito de energia, massa, entropia, calor etc. E é ainda mais forte com aqueles conceitos como o de experimentação, teoria, observação, lei, modelo, realidade etc. Experimentar pode ser aplicado a contextos bem diferentes e inclusive antagônicos. Da mesma forma, a expressão Natureza da Ciência está longe de estar definida pelos aspectos consensuais de Lederman et al. (2002), porque cada um deles tem significados bem diferentes em cada área das Ciências e em cada subdivisão delas. Sobre este ponto, podemos pensar com Wittgenstein:

Imagine alguém que diga: ‘Todas as ferramentas servem para modificar alguma coisa. Assim, o martelo, a posição de um prego; a serra, a forma da tábua, etc.’ – E o que modificam o metro, o vidro de cola, os pregos? – ‘Nosso saber sobre o comprimento de uma coisa, a temperatura da cola e a solidez da caixa’. – Ganhar-se-ia algo com essa assimilação da expressão? (IF, §14)

As palavras criadas para dar nomes aos fenômenos e propriedades (objetos físicos) podem ser consideradas como tendo um uso referencial, mas não é só a partir desses nomes que a linguagem da Física se refere ao mundo. Essa nomeação é apenas uma preparação do terreno de sua linguagem, assim como nomear as peças do jogo de xadrez é necessário para que o jogo aconteça, mas não suficiente.

Por outro lado, esses objetos são bem mais distantes das palavras da nossa linguagem natural que nomeiam objetos visíveis como mesa ou árvore. Os objetos físicos parecem estar mais próximos de palavras como dor. Elétrons, campos e átomos são objetos que não podemos ver, e por isso, não podemos apontar o elétron com um gesto ostensivo: “veja, aqui está o elétron”; como fazemos ao ensinar uma criança o que é cadeira. Se quisermos ensinar o que é um elétron, não será indicando sua referência direta no mundo, teremos que ensinar a

como vê-lo, a como indicar sua referência no mundo por outros meios. Estes são, por sua vez, convenções presentes na linguagem, como veremos na próxima seção.

Na Física, assim como em qualquer outro sistema linguístico, a experiência não é anterior à linguagem, do contrário, como seria possível que, ao observar algo, já estejamos munidos de conceitos para descrever aquilo que observamos? (MORENO, 2000). Como é possível que passemos a enxergar algumas entidades no mundo físico apenas depois de aprender as palavras que as nomeariam, como quando enxergamos, numa câmera de nuvens, a trajetória de prótons e elétrons?

É pela diversidade dos usos que encontramos para as palavras de nossa linguagem que podemos dizer que considerar todas elas como tendo apenas um desses usos, é ter uma visão dogmática de seu funcionamento, visão essa que não nos permite ter consciência dos demais modos em que a linguagem aparece e conseqüentemente, nos limita ao elaborarmos praticas de ensino e aprendizagem de Física, uma vez que esse dogmatismo tende a levar-nos a enxergar todos os conceitos físicos como tendo apenas uma regra precisa de aplicação. Isso é verdade para muitos conceitos da linguagem da Física, mas não para todos, principalmente àqueles mais filosóficos, como veremos no final deste capítulo e no seguinte para a mecânica newtoniana.

3.3 SIGNIFICADO, NORMATIVIDADE E JOGOS DE LINGUAGEM

Se você tentasse duvidar de tudo, não conseguiria duvidar de nada. O próprio jogo da dúvida pressupõe a certeza. (DC, §115, tradução nossa)

A grande contribuição de Wittgenstein é nos mostrar que a linguagem não é totalmente referencial e que, portanto, o significado das palavras não está na referência que estas podem ter no mundo, mas sim no uso que fazemos delas (que pode ser referencial) nos diferentes contextos de seu funcionamento. Basta observarmos em nossa própria linguagem os usos da palavra significar: “pode-se, para uma grande classe de casos de utilização da palavra ‘significação’ — se não para todos os casos de sua utilização — explicá-la assim: a significação de uma palavra é seu uso na linguagem” (IF, §43).

A linguagem não será mais um conjunto de proposições e palavras que substituem objetos do mundo, mas “um conjunto aberto de diferentes atividades envolvendo palavras, uma família de situações em que usamos palavras relativamente a circunstâncias

extralinguísticas” (MORENO, 1995, p. 14). O que nos permite chamar a diferentes usos pela mesma palavra são suas relações de *semelhança de família*. Assim como em uma família todos possuem semelhanças, mas nenhuma que perpassasse a todos eles, os usos das palavras estão interligados por parentescos, como um ninho que possui galhos entrelaçados, mas que não precisa ter um único galho dando a volta inteira nele (não é necessário haver uma mesma semelhança entre todas as situações em que se aplica um conceito).

O fato de a palavra estar ligada a situações extralinguísticas significa que ela, sozinha, não significa nada: “‘Ligando a barra com a alavanca, faço funcionar o freio’. - Sim, dado todo o mecanismo restante. Apenas com este, é alavanca de freio; e, separado do seu apoio, nunca é alavanca, mas pode ser qualquer coisa ou nada” (IF, §6). De nada serve tentar revelar o significado de um conceito longe de um contexto em que ele é utilizado, longe do funcionamento da linguagem. Querer responder, por exemplo, o que é tempo? Independente de um contexto é querer acessar o mundo tal como ele é sem o uso da linguagem, mas, o próprio conceito de tempo faz parte dela, então, como poderíamos fazer isso?

Para saber se alguém conhece ou não o significado de uma palavra, verificamos se há o uso correto dentro de um jogo de linguagem. Se identificarmos o uso incorreto, diremos que o indivíduo não conhece o significado da palavra ou que não entende o jogo de linguagem. Essa posição de Wittgenstein, retirada de uma simples observação de nossa linguagem em funcionamento, se fundamenta em outra mais profunda, que é a de que a linguagem possui uma normatividade.

O fato de podermos usar palavras com diferentes significados não significa que elas possam ser aplicadas arbitrariamente. Os conceitos, os usos de uma palavra, os jogos de linguagem, não estão inteiramente regulamentados, não existem limites precisos, entretanto existem regras reguladoras. “Ele não está inteiramente limitado por regras; mas também não há nenhuma regra no tênis que prescreva até que altura é permitido lançar a bola nem com quanta força; mas o tênis é um jogo e também tem regras” (IF, § 68).

É por isso que Wittgenstein não fala mais em linguagem, mas sim em jogos de linguagem. É como se a linguagem fosse um jogo, constituído por regras e por uma prática e não apenas um conjunto de signos. A Física pode ser considerada como um grande jogo de linguagem e também como um conjunto de jogos de linguagem, na medida em que possui diferentes atividades em que sua linguagem faz parte delas. Os conceitos que ela cria para se referir ao mundo possuem normatividades em cada um de seus jogos. Há o jogo de linguagem

da mecânica, o do eletromagnetismo, o da mecânica quântica. E o que permite uma unidade a esses jogos são as semelhanças entre eles.

Para Wittgenstein, um conceito, um jogo de linguagem ou uma expressão possuem uma normatividade associada, que indicará como as palavras irão expressá-los. Por exemplo, o conceito de fruta possui algumas regras que permitem aplicá-lo a diferentes casos. Podemos identificar uma fruta por meio de algumas regras, como ter semente, ser comestível, ter açúcares, entre outros. Entretanto, não podemos encontrar uma característica que pertença a todas as frutas e por isso, a normatividade deste conceito é constituída por uma família de regras, em que nem sempre a mesma regra se aplicará a todos os casos. Também podemos utilizar o conceito de fruta relacionado a outros conceitos, como quando aplicamos a palavra fruta com significado de maçã. Dizemos que então se criou um novo conceito, que também possui uma família de casos, assim como existem vários tipos de maçãs. Em alguns casos é possível dar exatidão aos conceitos, como dizer quais são as características de todas as maçãs para que sejam consideradas fruta. O erro consiste em generalizar para todos os casos em que se usa a palavra fruta, como se todas fossem maçãs.

A normatividade da linguagem é necessária, uma vez que a simples correlação entre uma palavra e sua referência não é suficiente para estabelecer seu significado. A indicação da referência sozinha não diz como as palavras devem ser usadas:

Pode-se, pois, definir um nome próprio, uma palavra para cor, um nome de matéria, uma palavra para número, o nome de um ponto cardeal etc., ostensivamente. A definição do número dois ‘isto se chama dois’ — enquanto se mostram duas nozes — é perfeitamente exata. — Mas, como se pode definir o dois assim? Aquele a que se dá a definição não sabe então, o que se quer chamar com ‘dois’; suporá que você chama ‘dois’ este grupo de nozes! — Pode supor tal coisa, mas talvez não o suponha. [...] Isto é, a definição ostensiva pode ser interpretada em *cada caso* tal e diferentemente. (IF, §28).

Para ensinar o significado de dois a alguém, já é necessário que se tenha previamente aprendido que dois deve ser usado como um número, bem como entender o que significa o gesto ostensivo e seu papel no ensino da nova palavra. Assim, a linguagem não funciona apenas com definições ostensivas, mas também são necessárias regras que indiquem como elas devem ser utilizadas, que conformam a normatividade dos conceitos, dos jogos de linguagem, etc. Do contrário, seria como querer ensinar a jogar xadrez apenas indicando ostensivamente o nome de cada peça. “Quando se mostra a alguém a figura do rei no jogo de xadrez e se diz: ‘Este é o rei do xadrez’, não se elucida por meio disso o uso dessa figura, a menos que esse alguém já conheça as regras do jogo [...]” (IF, §31).

Um dos usos normativos das palavras é o da apresentação de paradigmas. Os conteúdos da experiência que funcionam como regras são paradigmas, exemplos de como devemos usar uma palavra, como quando apontamos para uma árvore e dizemos árvore, o que estamos fazendo é dizer como a palavra deve ser aplicada. Existem diferentes amostras de árvore e, portanto, diferentes normas para a aplicação da mesma palavra. É através dos paradigmas e amostras que conectamos a linguagem ao mundo sensível, tratando-se da maneira mais primitiva possível para falar sobre o mundo. Se pensarmos novamente a partir da analogia dos jogos, “[...] seria possível conceber uma jogada de duas maneiras: como paradigma para jogadas futuras e como uma jogada de uma partida que está acontecendo” (Z, §294, tradução nossa).

Os paradigmas da Física são as entidades que ela supõe existir e as convenções normativas que indicam como devemos usar as palavras ligadas a essas entidades. Eles servirão como regras de uso das palavras como espaço, tempo, massa, movimento, energia, etc. Quando usamos a palavra tempo como uma medida relacionada ao movimento de um pêndulo, estamos indicando um paradigma para o uso da palavra tempo. Quando colocamos um objeto sobre uma balança e medimos sua massa, estamos indicando uma regra para o uso da palavra massa. É o uso da palavra em diferentes casos que permitirá a formação do conceito expresso por ela, ou seja, o conhecimento da normatividade que indicará em quais casos o conceito se aplica. Uma tabela periódica também é um conjunto de regras, um paradigma, para o uso das diferentes palavras para os átomos. Os paradigmas não normas a priori (MORENO, p. 242, 2001), são necessárias para que organizemos a experiência. Não acontece, em um momento de organização inicial da experiência, de primeiros acessarmos os fenômenos para depois dizermos qual é a palavra que a ele se refere e darmos assim o seu significado.

MORENO (2001) mostra os usos descritivos (ou empíricos) e analógicos que os paradigmas podem ter, sejam eles de qualquer tipo. Os paradigmas nos servem para enunciar fatos do mundo, para descrevê-lo, como quando descrevemos o resultado de um experimento, por exemplo, dizemos que observamos o elétron se mover para a esquerda ao passar por um campo magnético. Entretanto, também podem fazer um uso analógico, como quando comparamos o movimento de um elétron sob o efeito de uma força magnética com o movimento de um corpo macroscópico sob o efeito de uma força centrípeta.

O uso descritivo nos dá o sentido externo, ligado ao mundo, que não deixa de já estar dado previamente pela definição dos paradigmas. O uso analógico da linguagem nos permite

realizar as comparações entre os diferentes usos e estabelecer ligações de sentido internas. Estes paradigmas, entretanto, ainda não estão no nível dos conceitos, mas são uma preparação para o funcionamento da linguagem. O conceito será formado apenas quando várias aplicações da palavra forem feitas em diferentes casos. Formaremos o conceito a partir das relações de semelhança entre os diferentes usos. Essas semelhanças, reveladas através das comparações entre os usos, mostraram a Wittgenstein que enunciados também podem funcionar como paradigmas:

Wittgenstein percebe, prontamente, que a mesma função paradigmática pode também ser exercida por enunciados, isto é, por instrumentos linguísticos que comportam conceitos. E por enunciados de um tipo especial, a saber, que dizem o que é o objeto predicando-lhes propriedades consideradas essenciais ou, pelo menos, propriedades que não aceitaríamos desvincular do objeto. (MORENO, p. 244, 2001).

Assim, quando comparamos diferentes usos das palavras na Física, observamos alguns enunciados dos quais não conseguimos discordar, como, por exemplo, dentro de um jogo de linguagem como o da relatividade restrita: o tempo se dilata, a velocidade da luz é c com relação a qualquer referencial inercial, não é possível ir além da velocidade da luz. Não são apenas os paradigmas para a aplicação das palavras que servem ao funcionamento da linguagem da Física, mas também os enunciados que qualificam seus objetos, que estabelecem relações entre eles, que compõem a gramática⁹ da Física (que variará de acordo com a teoria).

A esses enunciados, Wittgenstein chama de proposições gramaticais, são eles que fundamentam as proposições empíricas (e vice-versa, pois é o hábito que continuará legitimando as proposições gramaticais), que são aquelas proposições que usamos para fazer descrições. Por exemplo, quando descrevemos “uma mesa possui dois metros de comprimento” estamos enunciando uma proposição empírica fundamentada na proposição gramatical “todo objeto possui uma dimensão”. As proposições empíricas são contingentes e podem mudar a todo o momento, mas as gramaticais, principalmente aquelas pertencentes a uma gramática profunda, só podem mudar em longos processos, como observamos nas mudanças de visão de mundo ao longo da História da Física.

As proposições gramaticais são necessárias para que possamos agir, não são nem verdadeiras e nem falsas, são apenas os fatos de nossa forma de vida, são onde nossas

⁹ A palavra gramática tem um sentido diferente do usual para Wittgenstein, pois para ele se trata de normas que pertencem ao pano de fundo da linguagem.

justificativas acabam. “Se esgotei as justificações, então atingi a rocha dura e minha pá entortou. Estou então inclinado a dizer: ‘é assim que ajo’”. (IF, §217). As proposições gramaticais são condições de sentido para as práticas linguísticas, a partir delas é que poderemos compreender o uso de nossa linguagem. Podemos falar também em gramática de uma palavra, ou seja, das normas que temos para aplicá-la, de sua normatividade (SILVA, 2009).

As proposições gramaticais são as certezas da nossa linguagem. É aquilo em que confiamos cegamente ao agir. Embora sejam certezas, não significa que elas não possam mudar. A linguagem é dinâmica:

Contudo, há uma dinâmica nesse sistema, pois as proposições fulcrais não são estabelecidas por meio de bases racionais e nem eternas e absolutas, pelo contrário, durante as práticas linguísticas, estas proposições podem vir a ser empíricas e ‘entrar em circuito’, basta apenas a existência de um contexto que permita o levantamento de certas dúvidas. (SOUZA, p. 297, 2013).

Essa característica da linguagem é o que permite que haja mudanças nos fundamentos da Física. Uma determinada proposição que descreve o resultado de um experimento pode se tornar uma proposição gramatical, ou seja, tornar-se regra para a descrição de outros experimentos semelhantes. Entretanto, se algum experimento futuro contradisser esta norma, ela pode vir a tornar-se proposição empírica novamente.

Até mesmo para que a dúvida possa existir, é necessário fundamentar-se em certezas, assim como a dúvida a respeito do limite da velocidade da luz surgiu de contradições entre duas certezas, aquela da mecânica clássica que permitia qualquer velocidade para a luz e aquela do eletromagnetismo, que permitia apenas um valor. Os experimentos e os raciocínios levaram à substituição da imagem de mundo da mecânica clássica pela da relatividade, alterando as proposições gramaticais, pois houve uma alteração nas proposições daquelas mais profundas, que são as relacionadas ao espaço e o tempo.

Existem diferentes níveis para essas regras, alguns mais constitutivos (SILVA, 2009) e mais próximos da prática do jogo de linguagem e aquelas mais fundamentais que não necessariamente fazem parte explicitamente do jogo de linguagem, mas que também são condições de sentido para que ele aconteça (como é necessária que exista a gravidade para que um jogo de basquete ocorra). Essas últimas irão compor as certezas mais fundamentais da linguagem e por isso sua visão de mundo. Por exemplo, os jogos de linguagem da resolução de problemas ou da descrição de um movimento dentro da mecânica newtoniana possuem regras próprias dessas atividades, mas com relação a todas elas há uma visão de mundo, há

certezas compartilhadas porque elas compartilham de uma mesma linguagem, como a certeza de que o espaço e o tempo são absolutos.

É importante ressaltar que as convenções da linguagem não são arbitrárias. Elas dependem da forma de vida, daquilo que está dado e que não conseguimos mudar (sem um processo histórico). Nós temos uma forma de vida refletida em nossa linguagem natural, que depende da forma como caminhamos, comemos e até como consideramos o outro. É pela relação de dependência da linguagem com o mundo, com a normatividade e com a ação, que a sua essência e autonomia estão em sua gramática, não sendo esta composta por regras convencionadas a partir de um acordo entre os homens. “É a concordância entre os homens que decide o que é vermelho? Isso é decidido apelando-se à maioria? Foi assim que nos ensinaram a determinar a cor?” (Z, § 431, tradução nossa).

Outro aspecto a ser ressaltado é que essas regras não devem ser entendidas como sempre determinantes do jogo de linguagem, da mesma forma que as regras de um jogo de xadrez não determinam todos os movimentos dos jogadores. As regras não servem para determinar completamente os jogos de linguagem, elas funcionam mais como guias que dizem por onde não ir e que não traçam o caminho, assim como “a regulamentação do trânsito nas ruas permite e proíbe determinadas ações de motoristas e pedestres, mas não tenta guiar a totalidade de seus movimentos mediante prescrições” (Z, §440, tradução nossa). Ser guiado por uma regra e que a ação seja determinada por ela é apenas um dos muitos casos aparentados em que seguimos uma regra. Se os jogos de linguagem fossem inteiramente limitados por regras não seria possível inovar e nem estabelecer novos usos para as palavras. Os conceitos são vagos, como o de jogo:

Pode-se dizer que o conceito ‘jogo’ é um conceito com contornos imprecisos. — ‘Mas, um conceito impreciso é realmente um conceito?’ — Uma fotografia pouco nítida é realmente a imagem de uma pessoa? Sim, pode-se substituir com vantagem uma imagem pouco nítida por uma nítida? Não é a imagem pouco nítida justamente aquela de que, com frequência, precisamos? (IF, §71)

Se os conceitos não fossem vagos, se tivessem aplicações bem delimitadas para todas as situações, não poderíamos fazer novas aplicações. É possível ficar em dúvida em alguns contextos, como as vezes temos dúvida se uma cor é azul ou lilás. Mas também é possível estabelecer um novo uso para as palavras, justamente porque conhecemos e podemos comparar os diferentes usos dessa e criar novos que ainda se encaixem no ninho das semelhanças de família. Podemos participar de atividades completamente diferentes e que compartilharam das mesmas proposições gramaticais.

Estando os jogos de linguagem permeados por regras, como sabemos como segui-las? Este é um dos problemas importantes para a compreensão das ideias da segunda fase de Wittgenstein, que é o problema de seguir uma regra. Podemos, ao ensinar, explicar com palavras como seguir uma regra, e podemos sempre explicar com outras palavras, ou seja, sempre podemos fazer interpretações. Aqui entramos em um paradoxo:

Nosso paradoxo era: uma regra não poderia determinar um modo de agir, pois cada modo de agir deveria estar em conformidade com a regra. A resposta era: se cada modo de agir deve estar em conformidade com a regra, pode também contradizê-la. Disto resultaria aqui não haver nem conformidade nem contradições. (IF, §201)

Se qualquer conduta pode corresponder à regra, então a verificação de usos corretos e incorretos das palavras dentro de um jogo de linguagem não pode satisfazer-se e consequentemente, a linguagem não seria possível, uma vez que para Wittgenstein a normatividade do significado é necessária. Assim, para saber como se deve seguir uma regra não é suficiente interpretá-la. Em algum momento devemos chegar a como segui-la por outro meio. Para Wittgenstein, o seguir uma regra é compreendido a partir da práxis (IF, §202) da linguagem, no momento em que o agir dentro de um jogo de linguagem passa a ser necessário para que se saiba como seguir uma regra. “*As interpretações não determinam sozinhas a significação*” (IF, §198).

Podemos pensar em um professor que pede ao aluno, numa aula de Física, que “desenhe as forças que agem no objeto” e este se dar ao trabalho de desenhar o objeto em todos os seus detalhes e as forças indicadas nos pontos onde são realmente aplicadas. Em que isso ajuda a resolver o problema da soma das forças? Em nada. Mas não mostramos para ele como se segue a regra. E após dizer: “agora, despreze as dimensões do objeto” e o aluno passa a desenhar o objeto cada vez menor até chegar a um só ponto, mas depois disso, ele não saberá como colocar as flechas, e muito menos que as flechas representam as forças. No fim, é necessário mostrar, através de um exemplo, como se segue a regra. Seguir uma regra é parte de uma prática, é um hábito:

O que chamamos ‘seguir uma regra’ é algo que apenas uma pessoa pudesse fazer apenas uma vez na vida? — E isto é, naturalmente, uma anotação sobre a gramática da expressão ‘seguir uma regra’.

Não pode ser que apenas uma pessoa tenha, uma única vez, seguido uma regra. Não é possível que apenas uma única vez tenha sido feita uma comunicação, dada ou compreendida uma ordem etc. — Seguir uma regra, fazer uma comunicação, dar uma ordem, jogar uma partida de xadrez são hábitos (costumes, instituições). (IF, §199)

A normatividade não se satisfaz sem um vínculo entre linguagem e ação: “onde é feita a ligação entre o sentido das palavras ‘joguemos uma partida de xadrez!’ e todas as regras do jogo? Ora, nas instruções do jogo, na lição de xadrez, na práxis diária do jogo” (IF, §197). As regras são intersubjetivas (MORENO, 2001), ou seja, não podem ser seguidas por uma única pessoa. Todos devem concordar com a forma de seguir a regra, caso contrário não seria possível que concordássemos na comunicação.

A possibilidade de que a regra possa ser seguida mesmo sem que quem a siga seja capaz de enunciá-la sugere que o seguir regras se constitui na ação dentro de um jogo de linguagem. A regra e a conduta de seguir a regra não estão separadas. Por isso, o aprender a seguir uma regra consiste em um treinamento no uso da regra: “não posso descrever a forma (em geral) em que há de se usar uma regra a não ser ensinando, treinando o uso da regra” (Z, §318, tradução nossa). As certezas de nossa linguagem não são aprendidas de uma hora para outra, mas vão se constituindo gradualmente a partir do uso das proposições empíricas nos jogos de linguagem.

Como as regras são de conhecimento público, é a própria participação do jogo de linguagem que irá dizer se ela foi seguida corretamente, porque saber qual é a regra não é o mesmo que saber como segui-la. Assim, nas avaliações escolares, as perguntas que buscam saber qual é uma determinada regra não indicam completamente se o aluno aprendeu a usá-la ou não, ele pode simplesmente tê-la memorizado para passar nos exames. Por outro lado, as regras nem sempre são claras para que possamos perguntá-las de modo tão explícito. É através do uso delas em jogos de linguagem é que saberemos, assim como qualquer outra pessoa que consiga participar dele, julgar se houve compreensão ou não.

O treino é necessário, pois as regras não são seguidas isoladamente e nem uma única vez, se não, não poderíamos dizer que são regras. Os conceitos que possuímos em nossa linguagem também possuem uma normatividade associada ao seu uso e para Wittgenstein, não podemos aprender um conceito aplicando-o apenas uma única vez:

Se a vida fosse um tapete, seu desenho (simulação, por exemplo) não seria sempre completo e variaria de mil maneiras. Mas nós, em nosso mundo conceitual, vemos permanentemente o mesmo se repetir com certas variações. E nesta forma nossos conceitos o captam. A razão é que os conceitos não são para serem usados em uma única ocasião.

E no tapete, um desenho está entrelaçado com muitos outros. (Z, §568 e §569, tradução nossa)

Assim, é na ligação entre linguagem e ação que a normatividade é possível. É nessa ligação, encontrada nos jogos de linguagem, onde a linguagem está em funcionamento, que

aprendemos nossos conceitos e somos capazes de utilizá-los em situações diferentes e inclusive inusitadas. Para que estes possam ser formados, não basta usá-lo apenas uma vez, pois isso seria como querer ensinar o conceito de fruta mostrando a uma criança apenas uma maçã.

Voltando para o Ensino de Física, nos momentos em que são introduzidas novas teorias, como a teoria da relatividade, geralmente dá-se ênfase na noção de espaço relativo que vem a derrubar a de espaço absoluto da mecânica newtoniana, mas como o aluno só viu a palavra espaço associada ao conceito de distância, dificilmente irá compreender a revolução causada pela teoria de Einstein, pois não aprendeu outras regras necessárias para a formação do conceito de espaço. Essa revolução envolveu a análise crítica dos conceitos de espaço e tempo absoluto, assim como uma nova interpretação e reconstrução das proposições teóricas aceitas até então, o que não se faz conhecendo-se apenas o conceito de distância.

A habilidade que um aluno tem de ir além daquilo que ele aprende e conseguir fazer novas aplicações das palavras e de inclusive, obter novos conhecimentos sozinho, está na possibilidade que a linguagem dá de ir além das aplicações conhecidas. Como as regras não determinam até onde se deve ir, mas apenas orientam o agir com o uso da linguagem, elas possibilitam que seja possível obter novos conhecimentos, assim como alguém que escreve um artigo acadêmico completamente novo tendo aprendido de um professor algumas regras básicas para construí-lo. Se as regras determinassem o que o aluno aprende, nunca teria havido algo novo na história da humanidade.

Ter a consciência de que nossos conceitos possuem uma normatividade intrínseca, que precisa ser aprendida e que, para tanto, é necessário um agir guiado por tal normatividade, bem como a formação de uma rede de semelhanças e relações entre as situações, nos permite planejar as práticas de Ensino de Física com mais cuidado, uma vez que daremos atenção às regras constitutivas do conceito, que não podem ser adivinhadas pelo aluno. Tais regras são o que permitem, entre outras capacidades, a compreensão dos jogos de linguagem.

3.3 SIGNIFICADO E COMPREENSÃO

Deixe de considerar o entendimento como um ‘processo mental’! – Pois este é o modo de falar que te confunde. (Z, §446, tradução nossa)

Quando se diz que alguém compreendeu um conceito, geralmente pensa-se em algum estado ou processo mental como constituinte da própria compreensão. De fato, essa era a concepção da tradição filosófica até a época de Wittgenstein. Nessa concepção, as palavras da linguagem são interpretadas pelo indivíduo, que dá o significado estabelecido por atividades mentais ao substituir a palavra por uma representação mental. Wittgenstein rejeita esta concepção de compreensão aos nos convidar a pensar em “que tipo de caso, em que circunstâncias dizemos ‘agora sei continuar’” (Z, § 446, tradução nossa).

Pensemos em um caso proposto pelo próprio Wittgenstein em que um sujeito A pede a um B que continue uma série de signos de acordo com alguma lei de formação como, por exemplo, escrever os números de 0 a 9 ou escrever a série $n+1$ começando do zero, e nos perguntemos sobre como B aprende a compreender o sistema e quando ele pode dizer que sabe continuar, ou seja, que o compreende (IF, § 143). Para ensinar a B como completar a série, daríamos exemplos e explicações e pediríamos que ele tentasse fazer por si próprio, chamando a atenção para um ou outro detalhe dependendo de sua reação, até que ele consiga efetuar a série corretamente. Diríamos que B compreende o sistema quando ele puder escrever a série com uma frequência suficiente. Se B escrever a série corretamente apenas uma vez em várias tentativas, diremos que não houve compreensão ou que ele nos compreendeu errado. Quando, depois de algumas tentativas e explicações, B é capaz de continuar a série sem ajuda, neste momento diremos que ele nos compreendeu. Em quê consiste a compreensão, neste caso?

Se agora pergunto: ‘Ele compreendeu o sistema, quando continua a série até 100?’. Ou — se não devo falar de ‘compreensão’ no nosso jogo de linguagem primitivo —: ‘Ele assimilou o sistema, quando continua a série corretamente até lá?’ — Então você poderia dizer, talvez: assimilar (ou também compreender) o sistema não pode consistir no fato de se continuar a série até *este* ou *aquele* número; isto é apenas a aplicação da compreensão. A própria compreensão é um estado, de onde nasce o emprego correto.

Em que se pensa realmente aqui? Não se pensa na dedução de uma série a partir da sua expressão algébrica? Ou em algo análogo? — Mas aí já estivemos uma vez. Podemos imaginar realmente mais de uma aplicação de uma expressão algébrica; e cada espécie de aplicação pode ser outra vez formulada algebricamente; mas isto não nos leva evidentemente mais longe. A aplicação permanece um critério da compreensão. (IF, §146)

Quando dizemos que B compreendeu, não estabelecemos nenhum limite. Não dizemos que apenas compreende a série quem consegue escrevê-la até 100 ou até 1000. Não o fazemos porque a compreensão não é determinada com precisão de um modo independente do contexto e de quem participa dela. Em uma determinada circunstância poderemos dizer que um sujeito compreende a série se é capaz de completá-la até 10 e em outra diremos que só compreende quando ele consegue completá-la até 100. A compreensão ocorre em níveis.

Existe uma família de casos em que aplicamos o conceito de compreensão. Aqui, podemos considerar outro exemplo esclarecedor de Wittgenstein, referente à leitura, em que o filósofo compara um leitor iniciante com um especialista. Para cada um, diremos que o sujeito sabe ler a partir de verificações diferentes de comportamento, dando por isso significados diferentes à palavra compreensão. Podemos dizer que um principiante conseguiu ler mesmo quando ele tenha lido apenas algumas primeiras palavras e de um especialista apenas quando ele ler um texto complexo sem dificuldade. “[...] Empregamos a palavra ler para uma família de casos. E em diferentes circunstâncias aplicamos critérios diferentes para a leitura de uma pessoa” (IF, §164). Do mesmo modo, compreender e significar também são conceitos aplicados a uma família de casos. Podemos dizer que, por exemplo, na Física, quem conhece apenas como fazer alguns cálculos dentro da mecânica clássica conhece algo sobre esse jogo de linguagem, mesmo que isso signifique um nível muito pequeno. Uma pessoa que consegue participar de um maior número de situações dentro deste jogo de linguagem terá um nível maior de compreensão.

Seria então a compreensão algo oculto que ocorre quando dizemos que alguém compreende? Se assim fosse:

[...] mesmo supondo que tenha encontrado algo que acontecesse em todos aqueles casos de compreensão, — porque *isto* seria a compreensão? Sim, como o processo de compreensão podia estar oculto, se digo mesmo ‘agora eu compreendo’, *porque* eu compreendo? E se digo que está oculto, — como sei, pois, o que tenho de procurar? Estou numa enrascada. (IF, §153)

Se a compreensão estivesse constituída por algo que aparece na mente do sujeito ou por sua participação em algum tipo de experiência, como poderíamos acessar tais estados? A partir de qual critério descobriríamos aquilo que está oculto? Para Wittgenstein, de nada adianta nos metermos em confusões como essas. Basta que olhemos para a linguagem e descrevamos os modos como usamos a palavra compreender e outras relacionadas.

Ao observar os modos em que dizemos ‘agora sei continuar’, veremos que o conceito compreender se aparenta mais a conceitos como saber, poder, ser capaz de, dominar uma técnica’ (IF, § 150) e menos àqueles que se referem a processos ou estados mentais:

[...] Faça esta consideração gramatical: dizemos
 ‘Ele estava triste o dia inteiro’
 ‘Ele estava numa grande excitação o dia inteiro’
 ‘Ele tinha dores ininterruptamente desde ontem’
 Dizemos igualmente ‘compreendo esta palavra desde ontem’. Mas
 ‘ininterruptamente’? — Compare: ‘Quando diminuíram suas dores?’ e
 ‘Quando parou de compreender a palavra?’ [...] (IF, §151)

Quando observamos os usos que fazemos daquelas palavras que representam estados mentais, como tristeza, comparando com os usos de compreender, vemos que são parte de gramáticas diferentes. A gramática da compreensão não faz parte da gramática da subjetividade. Não dizemos “ele compreendeu o dia inteiro”, mas dizemos “agora ele é capaz de continuar” ou “agora ele compreende”. A compreensão também não pode ser um processo, pois não dizemos que a compreensão terminou ao meio dia, como podemos dizer de um processo. Certamente existem processos mentais que acompanham a nossa compreensão, mas não é aquilo que a constitui. *Duas pessoas diferentes podem ter a mesma experiência e ainda assim aplicar de modo diferente a mesma palavra* (IF, §140).

Poderíamos pensar que a compreensão seria então a interpretação correta de uma proposição ou conceito. Como cada um pode interpretar de maneira diferente a mesma proposição, então diríamos que há uma compreensão diferente quando alguém segue de modo incorreto uma explicação. Entretanto, lembrando uma discussão que já fizemos no capítulo anterior, interpretar algo é substituir palavras por palavras ou por regras, como dizer que movimento é a variação do espaço no tempo. E interpretar essa afirmação é substituir por mais signos, e poderíamos fazer isso infinitamente. Ao quê corresponderia o significado então? “Certamente pode haver interpretação, mas, enquanto esta é mera associação de sinais, ela não pode determinar o que é correto, e, portanto, não pode fixar o significado” (SPANIOL, p. 17, 1990).

Voltando ao nosso problema, se a compreensão não corresponde a completar a série até determinado número, então ela se constitui ao preenchimento correto da série. O uso correto não é um efeito que ocorre devido à compreensão, mas é a própria compreensão. Por isso, por mais que tentemos encontrar mecanismos que a expliquem, Wittgenstein diz que o critério final para dizermos se alguém compreende ou não uma palavra é o seu emprego correto em um jogo de linguagem. Claro que o correto será julgado também de acordo com o

jogo e de quem participa dele, mas ainda assim, este é o critério para dizermos que alguém compreende. Verificamos a compreensão, portanto, observando a conduta do indivíduo dentro de um jogo de linguagem. Entretanto, convém enfatizar que conduta de compreensão não é o mesmo que compreensão. Para compreender esta afirmação, precisamos voltar à análise de como este conceito aparece em nossa linguagem.

O conceito de compreensão em Wittgenstein se relaciona intimamente com o de significado e de explicação (AHSEN, 2007). Quando perguntamos a alguém qual é o significado de um conceito, o que fazemos é dar explicações ou exemplos, o que só é possível pelo caráter público das proposições gramaticais do jogo de linguagem pertencente ao conceito pelo qual o significado foi solicitado. Quando damos uma explicação, o que estamos fazendo é nada mais que enunciar as regras pertencentes à gramática da palavra. Quando damos exemplos, o que estamos fazendo é nada mais que mostrar como se segue uma regra.

Lembrando que o significado de uma palavra está fundamentado em sua gramática, chegamos à relação entre significado e compreensão. Uma vez que a explicação do significado se relaciona com o domínio de uma técnica e aquele que compreende a explicação também compartilha deste mesmo domínio e é capaz de aplicar o conceito corretamente em um jogo de linguagem, então o uso correto de uma palavra não é uma manifestação da compreensão, mas é o que a constitui. Tal uso correto é um critério para a compreensão, que está fundamentada em um compartilhamento do mesmo pano de fundo, na compreensão de uma linguagem e no treinamento para o seguir as regras (IF, §199).

É na relação que a compreensão tem com o seguir regras, pelo caráter de regularidade que essa relação traz, que dizemos que alguém compreende uma palavra ou uma expressão apenas a partir de um número suficiente de aplicações e não apenas uma única vez. E aqui voltamos à nossa discussão da seção anterior, em que o seguir uma regra está ligada a um hábito e a um treinamento.

No *Tractatus*, o que garantia o sentido da proposição era a forma lógica. Na segunda fase de Wittgenstein, ela é substituída pela noção de forma de vida (MORENO, 2001). As condições de sentido não se restringem mais à lógica, mas vão além dela. É através das convenções de uso que o sentido passa a ser possível. Se antes o consenso sobre o sentido era dado pela lógica, agora passa a ser dado pela gramática da linguagem e por seu caráter público.

3.4 GRAMÁTICA, RACIONALIDADE DA FÍSICA E FILOSOFIA

A racionalidade emerge da gramática e das interações dos jogos de linguagem em uma forma de vida. (CONDÉ, p. 155, 2004).

A filosofia da linguagem wittgensteiniana também nos permite pensar a racionalidade de uma perspectiva pragmática (CONDÉ, 2004). Podemos conceber a racionalidade da Física como uma de nossas gramáticas. Quando Michel Paty fala em pensamento físico, como mostramos no primeiro capítulo, podemos interpretar, a partir de Wittgenstein, que se trata de um agir guiado por regras. E por seu caráter não determinístico e público, por formar uma teia de semelhanças e por sua vagueza (porém com precisão em fazer o que se propõe) é que a inovação, as construções de novas teorias, as novas aplicações das mesmas palavras, enfim, as novas compreensões sobre o mundo físico são possíveis. E, por isso, podemos concordar com Paty (2010) e dizer também que a racionalidade muda com a história, pois as proposições gramaticais que guiam os jogos de linguagem da Física também mudam. É sempre possível encaixar mais uma ligação de sentido na rede de semelhanças, assim como eliminar outras. E sempre lembrando que as ligações de sentido não existem sozinhas, mas fazem parte desta rede. Alterar uma também envolve alterar outras, e por isso não é de um dia para o outro que se fazem revoluções na Física.

Condé (ibidem) mostra como o conceito de gramática de Wittgenstein serve de modelo para a racionalidade, sobretudo para lidar com as exigências da crise da racionalidade moderna, que já não encontra um fundamento último como antes parecia ter. Essa ânsia por um fundamento externo à linguagem é o que não permite, segundo Condé, estabelecer novos critérios de racionalidade para a pós-modernidade, enquanto que olhar para a racionalidade como um modelo de gramática permite que ela não seja fundamentada absolutamente, o que é interessante num tempo em que há visões de mundo diferentes. E mesmo não sendo fundamentada, não chega a cair no relativismo, uma vez que a essência da linguagem estaria em sua gramática, que não é arbitrária, uma vez que depende das formas de vida.

Apesar da importância da gramática na formação da racionalidade, não é ela o seu fundamento último. A racionalidade se constitui na interação entre a gramática e os jogos de linguagem. *“Linguagem e fatos se ‘equilibram’ nos jogos de linguagem, permitindo assim a constituição do nosso ‘modo de pensar’, da nossa racionalidade, do nosso modo de organizar o mundo”* (Ibidem, p. 191). O modelo de racionalidade proporcionado a partir de

Wittgenstein é holista, na medida em que permite uma visão panorâmica, que em Wittgenstein é a visão da teia, das redes de semelhanças.

Condé (ibidem) afirma que para Wittgenstein há uma gramática de superfície, aquela mais localizada em jogos de linguagem específicos, e uma gramática profunda, onde estão aquelas proposições mais sedimentadas na rede de semelhanças de família. Essa gramática profunda é onde “se engendram as regras de uso da linguagem, nos interior da qual se opera, à semelhança de um jogo, a produção de diversas expressões linguísticas e, por consequência, a constituição da racionalidade” (p. 7).

O que possibilita a concordância nas ações entre os físicos? É o fato de eles compartilharem a mesma visão de mundo. E como esta não está limitada, pode haver momentos em que essa concordância não ocorra. E para esses casos é que a filosofia está também presente na racionalidade da Física, para guiar naquilo que se deve fazer quando não há uma concordância nos juízos, momentos em que a análise conceitual e a interpretação das teorias possuem um papel importante. A possibilidade de ampliar os limites da linguagem está contida na racionalidade da física. “O estranho e o novo constituem possibilidades de ampliação da gramática” (ibidem, p. 174).

Como o físico sabe que as teorias devem ter a forma mais simples possível? Isso não significa que o mundo físico é de fato guiado pelas leis físicas mais simples, mas sim que essa proposição gramatical é um dos fundamentos mais bem presos na rede de proposições gramaticais da racionalidade física. Assim como é o de causalidade e determinismo, princípios que por serem tão bem sedimentados, tornam complexa a compreensão da mecânica quântica, pois nela é preciso dar sentido ao mundo físico após tantos séculos sem pensar que sequer tais conceitos poderiam não ser verdade.

É possível que não haja concordância com as formas de conceber um determinado problema, mas há concordância em que a análise conceitual precisa ser feita e quais são os modos aceitos para fazê-la. Entretanto, isso não significa que as análises serão idênticas, pois é possível atuar diferentemente a partir do mesmo modo de pensar, da mesma racionalidade, justamente porque as regras não determinam até onde se deve ir.

Por outro lado, como exploramos no segundo capítulo, não é apenas em momentos em que não há concordância que o físico filosofa, mas também ao interpretar e dar a significação de suas teorias, ao conectar as altas abstrações da Física ao mundo físico. E como ele sabe que critérios seguir ao dar esses significados? Mais uma vez, se eles não estivessem presentes na

racionalidade da física não haveria certa concordância com os significados. O físico sabe até onde ir para considerar uma explicação como sendo a mais adequada naquele contexto e para dizer como ela se conecta aos fenômenos visíveis.

E é porque os jogos de linguagem da Física possuem uma espécie de intersecção com os jogos de linguagem da filosofia, ambos como atividade criadora e que produzem e explicitam significados, que haverá significados derivados mais propriamente desta característica. Por exemplo, o significado de espaço como distância em um gráfico vem de um modo matemático de pensar, mas a norma de que o espaço absoluto é independente ou da matéria ou o referencial para os movimentos verdadeiros vem de um modo filosófico, porque são respostas a problemas de caráter filosófico.

Os problemas filosóficos, em conjunto com problemas de outras naturezas, também atuam como proposições gramaticais das teorias da física, uma vez que eles também guiam as ações dos físicos que tentam respondê-los. Muitas vezes inicia-se com um problema de caráter empírico e depois aparecem os problemas filosóficos que passam a guiar as investigações, assim como problemas de origem matemática. Quando há a opção por uma resposta, mesmo que indireta, a uma questão filosófica, há a criação de proposições filosóficas, que passam a fundamentar e dar sentido às teorias, mesmo que não sejam explícitas.

As respostas aos problemas de caráter filosófico, que por serem de tal natureza não podem ser comprovados empiricamente, mas apenas justificados por uma cadeia de razões, trazem consigo algumas limitações, uma vez que é sempre possível criar outra resposta para a mesma pergunta. São nesses pontos frágeis onde também está a possibilidade de crítica da Física e, além disso, “somente a solução do problema – a hipótese – cria a condição básica para que razão e experiência conciliem a impureza metafísica... da prova científica” (AZANHA, 1975).

Dessa forma, as aplicações das palavras, que são sustentadas pelas proposições gramaticais dos jogos de linguagem, o serão também pelas proposições gramaticais de caráter filosófico. É como quando a proposição “os movimentos são a mudança de lugar no espaço” indica o modo como usamos a palavra movimento, mudança, lugar e espaço dentro da mecânica clássica.

Dizer que a filosofia pertence à racionalidade da física não significa que existam apenas jogos de linguagem com um pensamento filosófico. A filosofia faz parte da gramática

profunda da Física, das condições para haver sentido e compreensão dos conceitos mais profundos, como os de espaço e tempo. Entretanto, há casos em que há um saber físico apenas com significados matemáticos ou técnicos, como quando resolvemos um problema a partir de manipulações matemáticas ou realizamos um experimento seguindo técnicas já consagradas.

O que irá dizer que esses jogos de linguagem não filosóficos pertencem à Física são as relações de semelhança com os outros jogos de linguagem. Embora possam existir jogos que prescindem de interpretações e críticas, eles certamente precisam se conectar de algum modo aos jogos de linguagem que possuem tais dimensões, uma vez que a Física pretende se referir ao mundo físico e o faz necessariamente por meio de suas hipóteses.

3.5 O ENSINO DE FÍSICA E A NECESSIDADE DA FILOSOFIA

Os problemas no Ensino de Física refletem uma ‘falha de interpretação - não de tradução’. (EGER, p. 342, 1992, tradução nossa)

[...] o fato de oferecer uma satisfação imediata à curiosidade, de multiplicar as ocasiões da curiosidade, em vez de benefício pode ser um obstáculo para a cultura científica. Substitui-se o conhecimento pela admiração, as ideias pelas imagens. (BACHELARD, p. 36, 1996)

Se considerarmos a linguagem como uma estrutura estática e como tendo a única função de ser uma ferramenta para representar o mundo, e como consequência, considerarmos ainda que a compreensão deve ser dada por processos ou estados mentais acessados cada vez que ouvimos determinada palavra, destinaremos um uso instrumental para a linguagem, que servirá apenas como transmissora de conhecimentos:

[...] a linguagem seria um meio de transferir ideias ou pensamentos de uma mente para outra. Concepção simples demais, porque esquece as atividades e o lugar que ‘fazer uma comunicação’ ocupa em nossa vida, ou seja, esquece o jogo de linguagem do comunicar. Ao mesmo tempo é uma concepção por demais complexa, na medida em que serão exigidas teorias sofisticadas para explicar este processo de transferir ideias de uma mente para outra. Tudo isso se torna diferente tão logo tomamos consciência da inclusão das formas de vida no fenômeno da linguagem. (SPANIOL, p. 22, 1990)

Nessa linha, para que o estudante possa aprender um conceito, ele deverá passar por experiências, mentais ou empíricas, e assim representá-las a partir de palavras, que, nesse caso, se identificam ao conceito. Essas experiências seriam acessadas quando a palavra fosse dita novamente. Esta concepção referencial da linguagem considera, portanto, que “o

conhecimento das coisas é anterior à palavra, esta apenas representa resumidamente o conjunto de experiências a ela associadas” (GOTTSHALK, 2007).

Considerar que a linguagem da Física é exclusivamente referencial pode nos fazer cair em armadilhas ao acreditar que a compreensão virá apenas da experiência pura (empírica ou mental) e de estruturas internas que se desenvolveriam com a socialização. Um exemplo é a abordagem construtivista ingênua presente no trabalho de Gil-Pérez e Solbes (1993), que acredita que o aluno pode reconstruir as convenções da linguagem:

Essa abordagem exige, em particular, que substituamos a orientação do ensino/aprendizagem tradicional, que dá ênfase à simples transmissão/recepção de conhecimento, por uma abordagem curricular que envolve os alunos em atividades e os expõe a situações problemáticas em que o conhecimento pode ser (re)construído pelos alunos [...]. (p. 257).

O problema não está em criar atividades em que os alunos participem de experiências ou de socializações, mas sim em acreditar que essas vivências por si mesmas irão fazer o aluno descobrir ou construir o mesmo conhecimento ao qual o professor quer que se chegue, sem levar em conta que para o aprendizado de uma linguagem, de algum modo é necessário dizer quais são nossas convenções, mesmo que implicitamente. Essa atitude do construtivismo ingênuo não leva em consideração as proposições gramaticais de nossa linguagem e seu papel na construção do sentido, que são convenções e não podem ser descobertas pelo estudante, já que poderiam ser outras. Esquece-se que a normatividade das proposições gramaticais é precedente às descrições empíricas.

Gottschalk (2007) nos mostra como a forma atual de conceber a Educação tem considerado a linguagem como tendo um uso predominantemente referencial, refletidas nas teorias psicogenéticas influenciadas por Piaget, nas teorias das múltiplas inteligências e na pedagogia das competências dos Parâmetros Curriculares Nacionais:

O discurso pedagógico atual apenas renovou a terminologia mais clássica e reformulou algumas expressões tais como o aprender fazendo de Dewey para ‘o aluno constrói o seu próprio conhecimento’; as ‘potencialidades naturais do aluno’ para os vários tipos de inteligências presentes a priori na criança (a matemático-lógica, a verbal, a musical, a aptidão espacial...); o pragmatismo passa a ser chamado de interacionismo etc. (p. 463)

No Ensino de Física, a inserção do estudante em práticas experimentais, sejam elas materiais (de laboratório) ou abstratas, como a inserção em uma situação que exige o pensamento físico (como debates em que os estudantes apenas dão suas opiniões), cai em armadilhas ao pensar que haverá compreensão apenas a partir da experiência. Um exemplo conhecido é a apresentação da mecânica relativística nos cursos superiores a partir do

experimento de Michelson Morley, seguida dos postulados da relatividade, como se fosse óbvia a escolha do princípio após o resultado do experimento, como se passar pela experiência de ver um experimento dando errado fosse óbvio para perceber que a mecânica clássica precisava ser reformulada. Essa situação exige do estudante aquilo que ele não tem (a gramática da Física), e por isso o deixa incapaz de compreender o significado da teoria da relatividade, uma vez que não são abordadas as questões realmente levantadas, bem como os fundamentos da mecânica clássica e como eles deveriam ser condição de sentido para o experimento (e não puderam ser) e como os novos postulados possibilitariam esse sentido.

O que se termina aprendendo são frases de efeito como “a relatividade restrita é melhor que a mecânica clássica”, “Newton era muito ingênuo”, “agora o espaço é relativo e não absoluto”, “tudo é relativo”, “os gêmeos teriam idades diferentes no paradoxo dos gêmeos” etc. As abordagens da relatividade, que ocorrem dessa forma, causam o interesse do aluno porque prometem falar sobre a dilatação do tempo e da contração do espaço, prometem ser aquilo que a mecânica clássica não foi, falam até de viagem no tempo, de coisas que intrigam e provocam a curiosidade. Entretanto, terminam apenas provocando-a e não levando adiante a compreensão da relatividade e chega-se quase que a construir uma ideologia.

Em outro extremo, temos contado a História da Física acreditando que o sujeito irá captar as essências da Natureza da Ciência, quando no fundo, nos falta ir além de um uso da linguagem como descritiva e considerá-la também como normativa, dando a oportunidade do pensamento a partir dela e não apenas da memorização de regras que não tem sentido longe dos hábitos nos jogos de linguagem e nem da inserção nesses hábitos sem que se tenha algum nível de conhecimento físico.

O papel da experiência deverá existir não apenas para que seja descrita a partir da linguagem da Física, mas também para que sirva como norma, como paradigma de aplicação das palavras. Quando o sujeito reconhecer, por exemplo, um campo elétrico nos desenhos de limalhas de ferro, ele já deverá possuir esse conceito em algum nível.

Wittgenstein não apenas mostrou como a linguagem funciona, mas também como ela é aprendida. Se ao aprender uma linguagem aprendemos também uma visão de mundo e participamos de uma forma de vida, devemos levar esses elementos fortemente em consideração. De nada nos servirá ensinar as regras descoladas de uma aplicação delas, de um agir, mas tampouco devemos obrigar a ação sem nada que a guie, sem que se tenham conceitos para organizar a experiência.

Essa forma de olhar para o aprendizado da linguagem não nos traz qual é a metodologia que deveremos utilizar para ensinar, mas nos ajuda a ter certas compreensões e a repensar nossos planejamentos metodológicos, uma vez que precisamos considerar que as convenções da linguagem precisam ser comunicadas de algum modo. É necessário levar em conta a normatividade associada a cada conceito e a cada jogo de linguagem que desejamos ensinar.

A Física possui uma e várias visões de mundo. Existem algumas proposições gramaticais muito fundamentais, como, por exemplo, a necessidade de simplificação das teorias, do uso da matemática e da filosofia, que permeiam todas as suas grandes áreas e são essenciais para a formação de uma racionalidade (o que não significa que essas proposições sejam a definição de Física). De forma mais particular, dentro de suas teorias altamente formalizadas, há uma forma específica de olhar para o mundo, que também possui suas proposições gramaticais. Se quisermos que haja a compreensão do jogo de linguagem da mecânica clássica ou do eletromagnetismo, por exemplo, devemos inserir o indivíduo nesses jogos. Por mais que nunca estejamos inserindo-o na forma de vida real da Física, podemos fazer algumas aproximações mínimas para que a participação seja possível.

E para que nossos estudantes possam agir dentro de um jogo de linguagem, não é preciso ir muito longe. Colocá-los dentro de uma situação que os façam pensar fisicamente já é, de modo aproximado, inseri-los na forma de vida da física. Mas não deveríamos fazer isso de modo completamente arbitrário esperando que haja a descoberta das convenções que fundamentam as práticas. É necessário permiti-los pensar a partir da rede de proposições gramaticais da Física, a partir de sua gramática. E para que isso ocorra, algum nível prévio de aprendizado conceitual é necessário.

Por outro lado, a Física, ao longo de sua história, nunca teve apenas uma visão de mundo. Por isso, para a compreensão de seu empreendimento e, sobretudo, para evitar o dogmatismo causado pela força das imagens, o Ensino de Física deve dar extrema importância para o ensino de suas diferentes visões de mundo. Saber que as proposições poderiam ser diferentes evita o dogmatismo, evita que se pense que a Física não pode mudar, que suas proposições gramaticais não possam ser outras.

Embora Pietrocola (2005) afirme que o ensino de Ciências tem priorizado “uma idealização de natureza empírico-indutivista” (p. 468) e causando uma compreensão inadequada daquilo que acontece na prática da Ciência e com isso causando uma visão

inadequada da Natureza da Ciência, é importante lembrar que esse é um modo de pensamento que também tem seu lugar. Embora na prática não sejam as idealizações que prevalecem, elas são parte do modo de agir dos físicos, do modo como eles acreditam que o conhecimento deve ser construído. Esse pensamento, o de que podemos conhecer a realidade dos fenômenos diretamente pela experiência, fez parte da racionalidade da Física por muitos séculos e não deixou de ter sua contribuição significativa.

Por isso, é necessário ter um pouco de cuidado com aquelas propostas de mudar o pensamento dos alunos sobre a Natureza da Ciência, pois elas pretendem eliminar a visão positivista da ciência e substituírem-na por outra tão dogmática quanto aquela, esquecendo-se do papel que a racionalidade possui na construção do conhecimento. Existe uma diferença entre acreditar que o conhecimento é definitivo e o que acontece de fato na atividade científica. Na História da Física houve casos em que se acreditava que sim, poderíamos conhecer a realidade, e casos em que não. Estes casos pertencem a jogos de linguagem marcados em momentos diferentes na História da Física e possibilitaram de maneira igualmente importante a formação de seu modo de pensar atual. Por isso, ambos merecem atenção no Ensino de Física.

Além disso, não é só a partir das palavras que se compreende a linguagem da Física, mas também das comparações analógicas entre os usos, das proposições gramaticais que nos permitem dar sentido às empíricas, bem como estabelecer como as palavras devem ser usadas, quais são as relações entre elas e também qual é a sua posição na rede de semelhanças. Através da compreensão de suas diferentes visões de mundo é possível fazer comparações entre elas e estabelecer semelhanças de família, que formarão o conceito de Física, possibilitando a sua formação no sujeito. Assim também se dará a compreensão conceitual, através da aplicação das palavras em diferentes situações.

Em se tratando dos conceitos mais fundamentais das teorias, para que se possa expressá-los, é necessário conhecer tanto regras de caráter matemático, como as demais, porque aprender apenas uma parte da normatividade não é suficiente para formar a rede de semelhanças necessária para a formação desses conceitos. Os pressupostos filosóficos também devem ser incluídos no Ensino de Física caso se deseje alcançar os conceitos de sua gramática profunda, do contrário, conceitos como espaço e tempo simplesmente não podem ser ensinados. Podemos ensinar o conceito de distância, de aceleração ou qualquer outro que não contenha as proposições filosóficas em sua normatividade. Claro que tais escolhas dependem do grau de compreensão que queremos oferecer aos nossos estudantes. Se não

desejamos atingir a gramática profunda da Física, então a sua dimensão filosófica não será necessária. No capítulo seguinte veremos com mais detalhes como os conceitos fundamentais da mecânica newtoniana possuem proposições filosóficas em sua normatividade.

Como o modo de pensar da Física inclui certos aspectos do modo de pensar da Filosofia, o aprendizado das teorias físicas que não os inclui oferece ao aluno um nível muito pequeno de autonomia e compreensão do pensamento físico. Retira-se da aprendizagem a dimensão crítica que a Física contém em sua própria linguagem, bem como grande parte das ligações entre as teorias formalizadas e o mundo físico, aquelas que são feitas a partir de hipóteses filosóficas. Retira-se também uma série de relações que as proposições gramaticais das teorias possuem entre si, deixando muitos vazios de sentido. É necessário pensar nas consequências que negar essa dimensão das teorias traz para o Ensino de Física.

Incluir a dimensão filosófica das teorias envolve também aprender os problemas que fazem parte de sua gramática profunda. Os problemas nos levam a respostas que tanto fundamentam as teorias como possibilitam interpretá-la. Sem um conhecimento dos problemas, os aspectos filosóficos da racionalidade da Física não podem aparecer no ensino de uma teoria. Por exemplo, não é suficiente saber quais são os postulados da relatividade, mas também à quais problemas eles vieram responder:

O aspecto puramente estrutural e lógico de uma teoria ignora a dimensão que corresponde à evolução de seus conceitos, da qual seus conteúdos são indissociáveis; e a atenção unilateral a esse aspecto deforma a natureza das questões realmente levantadas. (PATY, p. 15, 1995).

Além disso, como os jogos de linguagem da Física já incluem em si a possibilidade de sua reconstrução (possibilitada pela crítica) incluem também por isso elementos da Natureza da Ciência que só podem ser compreendidos de uma maneira interna. Portanto, a compreensão das teorias não é totalmente separada da compreensão da Natureza da Ciência. Quando pensamos o mundo a partir da mecânica newtoniana já devemos pressupor que as explicações mecânicas e a indução são um modo de construir teorias.

É sempre importante lembrar que a compreensão ocorre em níveis e que pode ser uma questão de escolha do grau de compreensão não querer incluir a dimensão filosófica nas práticas de ensino e aprendizagem. Se desejarmos apenas um grau de compreensão que não chegue à gramática profunda da Física, que se limite a utilizar algumas leis e fazer aplicações

em alguns fenômenos cotidianos ou na resolução de problemas tradicionais¹⁰, não precisamos inserir a dimensão filosófica, porque esta aparece apenas quando tratamos de conceitos e proposições gramaticais mais profundas, como aquelas referidas ao espaço e o tempo. É importante ter em mente que esses conceitos mais fundamentais não podem ser formados sem a sua dimensão filosófica, que faz parte intrínseca de sua normatividade. Isso é uma questão de escolha de acordo com objetivos educacionais. Está claro que neste trabalho defendemos um nível de compreensão das teorias físicas que chegue à sua dimensão filosófica, e isso se deve às grandes contribuições que essa consideração traz, como já discutimos brevemente neste capítulo e como veremos em mais detalhes no quarto, a partir dos resultados de nosso estudo empírico.

¹⁰ Aqui estamos nos referindo a problemas como aqueles presentes nos livros universitários clássicos, tais como aqueles encontrados nos Fundamentos de Física 1, de Halliday e Resnick (2012).

4. A GRAMÁTICA NEWTONIANA

São três as intenções deste capítulo. A primeira é a de servir como exemplo mais detalhado de um caso específico da Física para as ideias apresentadas até este momento, para não cairmos em nossa própria crítica de enunciar regras gerais sem apresentar seus significados dentro de um jogo de linguagem. Um desdobramento desta primeira intenção nos leva à segunda, que é a de mostrar o papel das proposições gramaticais filosóficas na formação da normatividade dos conceitos da mecânica newtoniana, provenientes do pensamento filosófico que a Física possui, mostrando que as leis de Newton não estão isoladas, mas relacionadas e que são respostas a questões. A terceira é a de preparar um terreno para a análise de um caso efetivo do ensino de mecânica clássica que inclua os pressupostos filosóficos, que ocorrerá no próximo capítulo.

Poderíamos ter escolhido outro campo da física para abordar seus aspectos filosóficos, mas escolhemos a mecânica newtoniana porque, como dissemos na introdução, trata-se de uma gramática já ultrapassada e que parece não ter mais sentido dentro do ensino de Física para além da contribuição que ela pode trazer para o aprendizado de conceitos utilizados em outros campos, como os de massa, velocidade e aceleração. Queremos mostrar que, entretanto, a mecânica clássica não apenas contribui para a compreensão do estilo de pensamento da Física, por constituir um jogo de linguagem diferente e assim impedir o dogmatismo, como também pode ser tão motivadora como as teorias da relatividade e da mecânica quântica, e que, é o modo comum de conceber a compreensão que se torna um obstáculo para tal percepção. Além disso, alguns trabalhos sobre o ensino de física moderna abordam a mecânica clássica com o intuito de mostrar seus limites e realizar a mudança conceitual. Entretanto, se considerarmos a linguagem e seus usos, veremos que não se trata de mudar o significado de uma palavra por outra, mas sim de aprender novos usos.

Escolhemos fazer uma abordagem da mecânica clássica do ponto de vista da mecânica newtoniana. Sabemos que houve mudanças após Newton, mas consideramos importante a abordagem newtoniana, pois é onde está a raiz dos principais problemas e hipóteses surgiram deste campo da Física, que contribuem tanto para a compreensão das abstrações dos físicos posteriores quanto para outras teorias que buscam responder aos mesmos problemas, elementos que já não aparecem tão claramente nos trabalhos dos físicos posteriores. Além disso, para elaborar uma situação didática, acreditamos já ser suficiente para dar a

oportunidade de um pensamento físico de um ponto de vista diferente das demais teorias, uma vez que aborda os problemas essenciais.

Iniciaremos abordando os problemas filosóficos que estão subjacentes à mecânica newtoniana, de modo explícito ou não. Passaremos aos problemas historicamente levantados por Newton a partir do relativismo cartesiano, às soluções dadas por ele e por fim esboçaremos algumas críticas a elas. O intuito de mostrar as críticas à mecânica newtoniana é o de mostrar quais são seus limites, quais são as pontas da rede de semelhanças de família de suas proposições, que é justamente onde esse sistema é aberto e permite sua mudança.

Talvez pudéssemos priorizar o pensamento a partir das teorias formalizadas como verdade absoluta, do mesmo modo como aprendemos nossa linguagem natural, ensinando a aplicar uma teoria ao mundo e também ensinando os pressupostos filosóficos de modo não filosófico. Estaríamos também ensinando um modo de pensar, um modo de organizar o mundo, que poderia corresponder a objetivos educacionais diferentes daqueles que propusemos. Entretanto, estaríamos ensinando um modo de pensar que, apesar de ser um produto da física, não é o modo de pensar da física (é apenas um de seus muitos jogos de linguagem), mas qualquer outro modo inventado para os currículos escolares, já que sem a possibilidade da dúvida e da crítica, não há racionalidade física.

4.1 PROBLEMAS FILOSÓFICOS

Na busca pela compreensão dos fenômenos físicos e consequentemente da significação das palavras e proposições criadas para esse fim, aparecem alguns problemas filosóficos. Estes não possuem uma solução definitiva considerando as teorias físicas, mas permitem questionar sua concepção estritamente empírica (GHINS, 1991). Trataremos alguns desses problemas, mais ligados à metafísica do que a outros campos da filosofia. Embora não sejam suficientes para que as teorias físicas possam surgir, são aqueles cujas respostas são necessárias para compor uma imagem de mundo, responsável pelas significações e pela formação das proposições mais sedimentadas da rede de semelhanças.

As respostas aos problemas de caráter mais epistemológico também são igualmente necessárias, mas pelo modo como as teorias formalizadas são apresentadas, eles parecem ser informados de modo muito mais tácito do que os problemas metafísicos (seria necessária uma investigação mais profunda), o que nos leva a considerar que no ensino de física os problemas

epistemológicos não precisam ser explicitados no momento do ensino de uma teoria formalizada (mas precisariam ser em disciplinas voltadas para a Natureza da Ciência), embora estejam presentes no modo como se organiza o mundo. Enquanto que os problemas metafísicos, por terem uma relação mais direta com a significação das palavras, parecem necessitar de uma abordagem mais explícita para que a teoria possa ser compreendida. Por exemplo, quando ensinamos a segunda lei de Newton, já está implícito o caráter instantâneo do tempo e por isso a expressão de uma relação de causalidade, presentes tacitamente no modo de abordar a lei em seu uso matemático, enquanto que seus significados metafísicos não aparecem, como a ideia de força como causa e efeito dos movimentos.

Escolhemos a mecânica newtoniana, mas as outras teorias da física também abordam as questões aqui apresentadas de algum modo. O intuito de abordar esses problemas descolados de sua história é possibilitar uma primeira compreensão, a fim de auxiliar na compreensão do caso histórico apresentado na seção seguinte. Acreditamos também que o olhar para outros casos históricos também permite a percepção desses problemas, as vezes mais e as vezes menos implícitos.

Os principais problemas que abordaremos se referem à natureza do espaço e do movimento e veremos que eles não podem ser desconectados de outros conceitos e nem de outros problemas que também compõem a imagem de mundo newtoniana. Embora Newton não tenha tido como motivação inicial fornecer respostas a essas questões, ele precisou chegar a elas para que a explicação de alguns fenômenos sobre o movimento fosse possível, como veremos na próxima seção. Quando a física busca um referencial para a medida dos movimentos, no fundo, o que está fazendo é buscando suas causas (ibidem) e, neste ponto, surgem questões metafísicas.

No caso da mecânica newtoniana, a relação com a religião ainda era institucionalizada e, portanto, a teologia também atuou como componente importante. Entretanto, também não iremos considerar essa dimensão aqui, pois ela está em um nível anterior às proposições fundamentais sobre o espaço e o tempo, que são as necessárias para a normatividade dos conceitos da mecânica newtoniana. Um estudo da influência da teologia na construção dessas proposições estaria mais ligado à compreensão da natureza da mecânica do que da compreensão dos conceitos. E claro que a compreensão que estamos reivindicando aqui possui uma dose de anacronismo, uma vez que na época a teologia era de importância central para a compreensão do sistema mecânico de mundo.

Dos problemas metafísicos não relacionados à teologia, no século XVII, Sapunaru (2012) mostra que aqueles em torno do conceito de espaço buscavam saber se ele é absoluto, divisível, substancial ou acidental. Dos relacionados ao movimento, estava também o de saber se ele é absoluto ou relativo. Essas duas qualidades dadas ao movimento e ao espaço possuem diferentes significados, que serão mais bem compreendidos ao tratarmos dos problemas particulares das teorias.

As teorias mecânicas precisam dar conta dos fenômenos empíricos e, dentre eles, a questão do movimento é central. É preciso dar conta de explicar não apenas os movimentos, mas também de seus efeitos inerciais. A física, até o momento, tentou dar conta desses efeitos de modos diferentes, mas sempre foi levada à busca de referenciais e ao problema da natureza do espaço e do tempo. Antes de apresentá-los, vejamos o que significa dizer que o espaço é absoluto ou relativo em Ghins (ibidem), na tabela a seguir:

Sentido	Espaço absoluto	Espaço relativo
Lógico	Referente a um objeto individual, substância.	Um conjunto de relações
Físico	Os acontecimentos físicos não possuem influência	Os acontecimentos físicos possuem influência
Empírico	Sua estrutura não é acessível à percepção sensível	Sua estrutura é acessível à percepção sensível
Ontológico ou metafísico	A existência de acontecimentos físicos não é necessária	A existência de acontecimentos físicos é necessária
Matemático	Invariante sob um grupo de transformações	Não invariante sob um grupo de transformações

Tabela 1. Sentidos de espaço absoluto e relativo (GHINS, 1991).

Não vamos tratar de todos os sentidos neste texto, mas o esclarecimento dos sentidos em que o espaço pode ou não ser absoluto é importante para percebermos que existem regras de uso para a palavra espaço e que, em contextos diferentes, pode se referir à uma regra diferente. Por exemplo, quando dizemos que na relatividade geral o espaço-tempo é relativo, devemos entender que há uma referência ao sentido físico, pois nesta teoria a matéria passa a influenciar o espaço-tempo (e vice-versa). Pelo não conhecimento do significado de espaço relativo é que podemos cair no engano de pensar que o espaço da relatividade é plenamente relativo, quando no fundo ele não permite o abandono completo da noção de espaço absoluto (ibidem).

Os problemas sobre a natureza do espaço surgem na física a partir dos problemas relacionados à compreensão do movimento. O primeiro passo na história da física foi a sua descrição cinemática, coroada principalmente a partir do trabalho de Galileu. Na cinemática,

são medidas as velocidades e acelerações dos objetos a partir de distâncias e tempos percorridos. Na prática, essas medidas precisam ser feitas a partir de algum referencial fixo e material e podemos escolher qualquer um de modo a continuar conseguindo prever e descrever o movimento de um objeto. Um corpo pode parecer estar se movendo em linha reta com relação a um referencial, pode parecer estar em repouso em outro e em movimento circular em outro. Desconfortáveis com isso, podemos nos perguntar se existe algum referencial privilegiado a partir do qual mediríamos o movimento verdadeiro dos corpos, mas para a pura descrição cinemática dos movimentos, se formos pragmáticos, isso não é necessário.

Entretanto, para uma compreensão completa do movimento, apenas a sua descrição cinemática não é suficiente. Objetos em movimento circular apresentam uma tendência de escapar do centro do movimento. Como explicar essa tendência? E como explicar também porque alguns movimentos apresentam essa tendência e outros não? Além disso, qual é a causa dos movimentos? A resposta a essas questões são necessárias para uma mecânica que dê conta dos movimentos.

Numa concepção absoluta, um corpo pode participar de apenas um movimento. Tal movimento verdadeiro do corpo ocorre com relação a apenas um referencial. Os outros movimentos tidos a partir de outros referenciais são considerados como impressões. Nessa concepção, quando se fala em movimento não é necessário dizer com relação a quê, pois é implícito que só pode ser com relação ao mesmo referencial sempre. Numa concepção relativa de movimento, dizer apenas que um corpo está em movimento não é suficiente, é necessário dizer com relação a quê ele se move. E neste caso, qualquer corpo material pode ser utilizado como referencial para a medida dos movimentos (ARMSTRONG, 1963).

Em uma primeira aproximação, o principal problema de considerar o movimento absoluto é justificar por que deve existir um referencial privilegiado para a medida dos movimentos e consequentemente, dizer qual é esse referencial. E o principal problema de considerar o movimento relativo é explicar porque em alguns movimentos observamos o aparecimento da força centrífuga e em outros não. Por exemplo, se imaginarmos dois corpos, um corpo A em repouso com relação à Terra e outro B girando em volta de A:

Figura 1. Corpo A em repouso com relação a Terra e corpo B girando em torno de A.

Numa concepção de movimento relativo, podemos medir o movimento de A e B com relação a qualquer referencial. No referencial da Terra, A está em repouso e B em movimento, mas em B aparece uma tendência de escapar do círculo. No referencial de A, B está em movimento circular e também aparece uma força centrífuga. Entretanto, no referencial de B, A está em movimento circular cinematicamente idêntico ao de B quando visto de A, mas não sofre a ação de nenhuma força. Como explicar que para alguns movimentos circulares há o efeito da força centrífuga e em outros não?

E se do contrário, formos adeptos do movimento absoluto e quisermos escolher, por exemplo, que o referencial da Terra é o verdadeiro e por isso o corpo B sente uma força centrífuga por estar se movendo com relação a ele, como justificar então com relação a qual referencial a Terra se move? Qual seria o referencial dos referenciais? Um referencial geralmente escolhido é o espaço absoluto:

Corpos podem se mover, ou não se mover, mas não faz sentido falar do movimento ou não do espaço. Aqui, há, portanto um ponto absoluto de referência. Se um corpo se move relativamente ao espaço, se ele deixa um lugar e se move para outro, então podemos dizer que ele se moveu absolutamente; se não, ele está em repouso absolutamente. (ARMSTRONG, 1963).

Essa é a posição adotada por Newton, como veremos na próxima seção. Mesmo não sendo o espaço absoluto detectável de modo direto, é possível mostrar que, como no caso dos corpos A e B, há corpos materiais que servem como boas referências para o espaço absoluto e outros que não servem, e isso será dado pelo aparecimento das forças centrífugas que aparecem tanto em movimentos circulares como em movimentos retilíneos acelerados. Neste caso, o movimento é definido como mudança de posição no espaço. Mas, por apenas termos acesso a movimentos dos corpos com relação a outros corpos materiais, podemos ainda defender que apenas os movimentos relativos entre os corpos são reais, uma vez que não

temos acesso ao espaço absoluto, que era a posição adotada por Ernst Mach, grande influente de Einstein. Portanto, o espaço seria uma relação entre os corpos.

Além do desconforto da escolha de um referencial invisível, apesar da concepção de movimento absoluto dar conta dos movimentos acelerados, ele não consegue diferenciar o repouso do movimento retilíneo uniforme, o que deixa uma lacuna para críticas. Como nesses movimentos não há o aparecimento de força centrífuga para que possam ser identificados, como diferenciá-los? E como saber, portanto, quais são os referenciais que estariam em repouso com relação ao espaço absoluto para que sejam tomados como referencial? Esses problemas podem ser respondidos, dentro da física clássica, de três modos diferentes:

1. Há movimento absoluto, de translação e também de rotação; o espaço físico, como oposição ao espaço puramente geométrico, constitui um sistema de coordenadas fixo.
2. Não há translação absoluta, mas há rotação absoluta. O espaço real, em oposição àquele correspondente à nossa habilidade conceitual [...], possui um sistema absoluto de direções.
3. Não há nada além de movimentos relativos; o espaço físico não difere do espaço matemático; mas a nossa mecânica atual (newtoniana) explica o fenômeno da rotação incorretamente, ou pelo menos, incompletamente. (FRIEDLAENDER e FRIEDLAENDER, 2007, p. 129 – 130)

Na história da física, observamos sistemas teóricos construídos sob o fundamento dessas três respostas. Como exemplo, encontramos a primeira na obra de Newton, a segunda na mecânica clássica desenvolvida posteriormente e na relatividade restrita e a terceira no relativismo radical de Ernst Mach, que não chegou a construir uma teoria definitiva para os movimentos, mas influenciou Einstein, que desejou inicialmente construir a relatividade geral a partir da terceira resposta e não conseguiu atender a todas as suas exigências, como veremos mais adiante neste capítulo. Com o advento da física do século XX, há a criação do conceito de espaço-tempo, onde os movimentos passaram a ser compreendidos de maneira diferente da física clássica e com outras possibilidades de respostas para essas questões, mas mesmo assim sem deixar de lado o espaço absoluto.

Apesar de a escolha do espaço absoluto conter alguns problemas, a escolha de um espaço completamente relativo também traz. Se quisermos aceitar apenas as medidas de relações de distância entre os corpos, ainda assim teremos um problema mais complicado que uma concepção relativista de espaço traz. Esse problema é o da relação espacial dos corpos em instantes diferentes (ARMSTRONG, 1963).

Corpos materiais simultâneos possuem relações espaciais diretas, mas o que aconteceria com as relações espaciais entre corpos que existem em instantes diferentes? Como, por exemplo, dizer que alguém está à uma distância nula de onde ele estava há cinco minutos. Numa concepção relativista de espaço, é impossível conceber uma relação espacial direta entre dois corpos não simultâneos, uma vez que seria necessária fazer referência a um lugar no espaço, independente dos corpos. Entretanto, aceitar essa impossibilidade leva a algumas consequências. Por exemplo, no caso dos corpos A e B mencionados, se o espaço é uma relação de distância entre eles, mantendo, portanto, a mesma relação independente de se o referencial esteja em A ou em B, o que faz com que apenas B sinta uma força centrífuga, se as relações espaciais são as mesmas? Para Armstrong (*ibidem*), isso poderia ser explicado se pudéssemos conceber uma relação direta entre corpos de instantes diferentes. Poderíamos dizer que o corpo B possui uma relação direta de mudança de posição com relação ao lugar onde ele estava no instante anterior.

Existem mais objeções tanto à escolha do espaço e movimento absolutos quanto relativos, que não trataremos aqui, mas as apresentadas são suficientes para mostrar que qualquer uma das escolhas traz consigo outros problemas, que podem ser entendidos como aberturas para que as críticas possam surgir.

4.2 AS CERTEZAS DA MECÂNICA NEWTONIANA

Nesta seção apresentaremos a dimensão filosófica presente no modo de pensar newtoniano, quais eram as proposições filosóficas que fundamentavam tanto a significação das palavras que organizam o mundo físico como aquelas de caráter de construção do conhecimento que estavam incluídas em sua racionalidade. Obviamente não esgotaremos todas as certezas, pois estas formam parte de um sistema complexo que pode envolver inclusive aspectos mais pessoais de Newton, mas falaremos mais daquelas que ele mesmo considera como necessárias para estabelecer a normatividade dos conceitos físicos e que fariam parte de certa objetividade a ser compartilhada pelos demais filósofos naturais. Entretanto, nem mesmo essas proposições compartilhadas são todas esgotadas aqui. É importante salientar que, embora estejamos destacando a dimensão filosófica, ela não ocorre separada de outras como a empírica e a matemática.

Priorizamos uma análise em torno do *Escólio das Definições* do *Princípios*, porque nele constam os pressupostos mais fundamentais da obra de Newton para a filosofia natural, presente nas exemplificações de fenômenos gravitacionais, como o movimento dos corpos celestes, das marés e dos corpos na Terra. Antes, porém, é necessário abordar alguns aspectos do sistema de mundo de René Descartes, que teve grande influência sobre Newton, tanto no campo da matemática como da mecânica.

A matemática nem sempre teve tanta prioridade na física e se pudermos dizer quando ela começou a ter um papel central, seria com o surgimento da física clássica. Schuster (2013) argumenta que o surgimento da física clássica foi marcado pela renegociação da relação entre matemática e filosofia natural, marcada pela busca da compreensão da matéria e suas causas, bem como da estrutura do Universo e da Terra. A renegociação consistiria então em colocar como central o papel da matemática na construção das teorias, como poderosa na constituição das certezas da filosofia natural, e que se verá mais presente na mecânica newtoniana através do diálogo com a experimentação.

Embora o uso da matemática não seja um uso da filosofia, sua escolha como modo de abordar a natureza é filosófica. Não foi de repente que a matemática foi se tornando necessária para a compreensão da natureza, mas a partir de um longo processo de construção de teorias e de análise conceitual e de significação, bem como do desenvolvimento da própria matemática. Embora o título de física clássica seja dado apenas a partir de Newton, Descartes teve grande influência na racionalidade da mecânica clássica, tanto a partir de sua mecânica e de suas lacunas, quanto de sua crença de que a matemática deveria ser um bom meio para o conhecimento do mundo, pois garantiria uma objetividade (SAPUNARU, p. 66, 2006). Tal era a mesma crença de Newton:

O talento matemático de Newton e as novas técnicas lhe permitiram lidar, de modo quantitativo, com muito mais problemas do que seus contemporâneos. Mas, igualmente importante foi sua concepção de que um criterioso uso da matemática poderia ser usado para alcançar um nível de certeza, na filosofia natural, muito maior do que o reconhecido pelos filósofos da mecânica. (SMEENK e SCHLIESSER, 2013, tradução nossa)

A visão de Descartes a respeito do papel das evidências na formulação das teorias, em sua fase madura, também influenciou a racionalidade da mecânica clássica, pois ele sabia que não era apenas a partir de princípios metafísicos que seria possível fazer deduções de modelos e nem explicações (SCHUSTER, 2013). Assim, mesmo que Descartes não tenha coroado o diálogo entre a matemática e a experimentação na racionalidade da física, ele contribui para o surgimento de uma nova física. Sua crença na necessidade da matemática, principalmente

relacionada à geometria, o levou a buscar elementos nos objetos materiais que pudessem ser objetivos e não dependentes das sensações, pois estas poderiam nos enganar (o que também o levou à dualidade mente e corpo e na hipótese das duas substâncias, a corpórea e a pensante). Os objetos geométricos existiriam em nossa mente, “nossa ideia de corpo real possuiria de fato propriedades geométricas, pois conseguiríamos estabelecer um ‘relacionamento’ entre eles” (SAPUNARU, 2006). Por esse motivo, ao identificarmos os objetos, conseguiríamos estabelecer relações objetivas, produzidas pela substância corpórea, que nos levariam a identificar propriedades matemáticas dos objetos, enquanto que a substância pensante criaria as sensações como a cor e o sabor.

Nessas relações objetivas que teríamos com os objetos, identificaríamos sua essência a partir de sua extensão, única propriedade que poderíamos medir de modo objetivo. O espaço, identificado à extensão neste caso, seria a essência dos corpos materiais e por isso, não poderia existir sem a existência de matéria. O espaço, no sentido físico, seria relativo para Descartes. Esse pressuposto o levou a não conceber como plausível a existência do vácuo, uma vez que “se uma partícula se move, o ‘espaço’ que ela deixa deve ser preenchido simultaneamente por outra partícula de volume equivalente” (SCHUSTER, p. 72, 2013).

Essa impossibilidade do vácuo fez emergir uma mecânica relativista baseada na formação de vórtices (a partir dos espaços que deveriam ser preenchidos), num modo realista de explicar os fenômenos, que conseguiu trazer novas compreensões da mecânica celeste, dos cometas e da teoria da luz (SCHUSTER, 2013). Descartes queria descrever não apenas as aparências da realidade do mundo físico, mas também os objetos mais distantes da nossa percepção, buscando uma fuga da abstração que se mostra longe dos fenômenos físicos. Os vórtices seriam responsáveis pelo movimento dos objetos celestes e pela explicação de uma série de fenômenos.

A compreensão do movimento foi se mostrando cada vez mais necessária para a organização da natureza e a física cartesiana uma grande contribuinte para a eliminação de alguns conceitos relacionados à forma dos objetos da mecânica aristotélica, que concebia o movimento como uma espécie de potencialidade e reservava ao espaço a qualidade de acidente da matéria (JAMMER, 2010).

Sapunaru (2012) afirma que foi o estudo do movimento que primeiramente levou Descartes à sua conceituação de espaço. Em sua fase madura, definiu o movimento como “a transferência de uma parte de matéria ou do corpo de uma vizinhança composta dos corpos

que a tocavam e que estivessem em repouso para a vizinhança de outros corpos” (SAPUNARU, p. 36, 2012). Nesse ponto, há a necessidade do conceito de referencial para a medida dos movimentos e sua identificação com qualquer corpo material, ou seja, apenas podemos saber se um corpo se movimenta medindo sua mudança com relação a algum objeto material em repouso.

Contudo, a definição de movimento ainda não era precisa o suficiente e deixava algumas lacunas. Como definir a vizinhança de modo a diferenciar qual seria o real movimento de um corpo? Seguindo o exemplo de Descartes mencionado por Sapunaru (2012), se um homem em um barco carrega um relógio, como delimitar a vizinhança para saber se ele está em repouso ou em movimento, uma vez que ele certamente participa do movimento do homem, do barco, do mar e da Terra?

Descartes irá buscar uma diferenciação entre movimento no sentido filosófico e no sentido vulgar. Os corpos poderiam participar de inúmeros outros movimentos, mas teriam apenas um movimento próprio (BARRA, 1993). Assim, o relógio do exemplo mencionado, considerado em seu conjunto, estaria em repouso no sentido filosófico, enquanto que no sentido vulgar estaria em movimento quando comparado com o porto de onde saiu.

Ao analisar a obra cartesiana, Newton encontrou algumas inconsistências que o levou a reelaborar os conceitos de espaço, tempo e movimento e com isso, construir uma nova mecânica. Houve inconsistências tanto de natureza matemática, teológica e filosófica, entretanto, foi a partir do estudo do movimento circular e na tentativa de explicar o esforço dos corpos em se afastarem do centro de seus movimentos, que Newton encontrou a necessidade de reformular os conceitos fundamentais da mecânica relativista:

Newton reconheceu que para dar um tratamento mecânico consistente às evidências do *conatus recedenti a centro* nos movimentos circulares, ele deveria promover uma reformulação radical das noções de movimento, espaço e lugar da forma como haviam sido concebidas por Descartes. (BARRA, p. 90, 1993).

A diferenciação entre movimento no sentido filosófico e movimento no sentido vulgar não era suficiente para explicar a tendência dos planetas em escaparem de suas trajetórias em volta do Sol, indicadas pelo aparecimento de uma força centrífuga identificada previamente por Descartes. Além disso, os pressupostos cartesianos levavam a outros absurdos, como dizer que um corpo está e não está em movimento¹¹. Os planetas estariam em repouso no

¹¹ Para saber mais sobre as consequências da mecânica cartesiana, consultar Sapunaru (2006).

sentido filosófico, pois os vórtices que o carregavam estariam sempre em contato com eles e, como os vórtices também giravam com os planetas, sua vizinhança nunca mudaria. Entretanto, como explicar o aparecimento das forças centrífugas se os planetas estão em repouso, uma vez que na Terra observamos que corpos em movimento circular apresentam uma tendência para escapar do centro do movimento?

Barra (1993) afirma que Newton manteve a identificação cartesiana de que os movimentos circulares tenderiam a afastarem-se do centro do movimento de dois modos. Um deles estaria relacionado ao princípio da inércia (já antes enunciado por Descartes, embora com uma visão de mundo diferente), pela tendência do planeta em continuar a seguir o caminho tangente à sua trajetória. O outro modo é a tendência de escapar pelo raio do movimento circular, que Newton desejava explicar com mais rigor do que Descartes.

Além disso, conforme nos recorda Sapunaru (2012), já se conhecia a expressão para a medida dos movimentos, que depende de uma posição final e outra inicial. Entretanto, se em Descartes a posição inicial se alterava a todo o momento, uma vez que a vizinhança que estaria em repouso ao redor do corpo se alteraria sempre que ele se movimentasse, seria impossível estabelecer uma posição inicial para medir sua velocidade. Barra (1993) expõe as principais críticas de Newton ao sistema cartesiano:

[...] como então Deus poderia definir a velocidade e a determinação do movimento do corpo a fim de conservá-las? E como Deus poderia fazer com que os corpos se movessem, se a determinação do estado de movimento dos corpos independe das forças imprimidas sobre eles e não pode ser feita sem que se considere o repouso de outros corpos? Finalmente, como poderíamos afirmar a existência do próprio movimento sem que dispuséssemos de algum meio para definir univocamente sua determinação e sua velocidade? (p. 10)

Newton propõe, a partir dos problemas apresentados na mecânica cartesiana (e claro, de um longo trabalho de interpretação, análise matemática, filosófica e experimental), que o movimento aparente dos planetas deve ser entendido como aquele realmente executado por eles. Essa proposta foi feita a partir de um novo modo de conceber o aparecimento da força centrífuga e seu papel nos movimentos circulares de quaisquer corpos, inclusive daqueles que se movimentam próximos à superfície da Terra. Para dar conta dos problemas cartesianos, Newton estabelece que todo corpo deve possuir apenas um movimento verdadeiro e que este não deve ter como referencial nenhum corpo material do Universo, uma vez que essas medidas são sempre arbitrárias. Deve existir apenas um referencial a partir do qual seja possível saber qual é o verdadeiro movimento dos corpos.

Para Newton, o movimento verdadeiro é identificado pelos efeitos que neles surgem, a saber, a força de afastamento do eixo do movimento circular, ou como ele as chamava, “forças de inércia”, das quais a força centrífuga é um exemplo. Um dos argumentos que Newton utiliza para exemplificar a impossibilidade de medir o movimento dos corpos com relação a qualquer corpo do Universo (que era o modo como Descartes concebia o movimento) é conhecido como o experimento do balde, apresentado no *Escólio das Definições* do *Principia* e enunciado da seguinte forma:

Se um balde for suspenso por uma corda muito longa e continuamente posto a girar até que esta fique fortemente torcida e, logo após, o balde for preenchido com água e ficar em repouso junto com a água e em seguida, devido a uma força repentina, posto a girar na direção contrária e, enquanto a corda se desenrola, persiste por tempo nesse movimento; então, a superfície da água será plana inicialmente, como antes de o balde começar a se mover. Mas depois disso, pela força impressa gradualmente na água, esta começa também começa a girar nitidamente, afastando-se gradualmente do meio e a subir pelas laterais do balde, assumindo uma forma côncava (como a experiência me mostrou), e, com um movimento ainda mais rápido, ela subirá mais e mais, até que possa completar suas revoluções ao mesmo tempo que o balde, estando relativamente em repouso com relação a ele. (NEWTON, p. 412, 1999/1687, tradução nossa).

A imagem a seguir mostra os dois instantes mencionados por Newton, o instante inicial, em que a água ainda possui sua superfície plana e o instante em que esta já acompanhou o movimento do balde:

Figura 2. Experimento do balde de Newton. O desenho I mostra o instante inicial em que o balde inicia o movimento circular e a água ainda não acompanha este movimento, mantendo sua superfície plana. O desenho II mostra o instante em que a água acompanha o movimento do balde e em que ela começa a subir pelas paredes do balde, formando uma superfície côncava.

Ao analisar o movimento da água com relação ao balde, Newton mostra que o movimento circular não pode ser medido com relação ele. No primeiro instante, quando a água ainda não acompanhou o movimento do balde, o movimento relativo entre eles é máximo. No segundo instante, quando a água já alcançou o movimento do balde, o

movimento relativo entre a água e o balde é nulo. Entretanto, na segunda situação, a superfície da água é curva e não plana como na primeira. Qual é a implicação disso?

Quando a água gradativamente vai alcançando o movimento do balde, Newton diz que cada vez mais vai aparecendo um esforço em escapar do eixo do movimento circular e assim seu movimento verdadeiro vai se tornando verdadeiro e pode ser medido por tal esforço. Antes que a água começasse a girar, não observamos o aparecimento de nenhuma força centrífuga, e isso para Newton significa que a água ainda não começou a girar de modo verdadeiro.

Se nos posicionarmos no balde, no instante I, veremos a água girando e não observaremos uma concavidade. Qual é a diferença entre esse movimento circular e aquele que observamos quando a água está com sua superfície curva (antes de ela acompanhar o movimento do balde)? A diferença está no aparecimento da força centrífuga. Para Newton, no instante I, o movimento circular da água no referencial do balde não é verdadeiro, mas relativo, uma vez que não observamos uma tentativa de afastamento do eixo do movimento circular.

Imaginemos agora dois instantes além daqueles mencionados por Newton, em que o balde está em repouso, como faz Pessoa (2012):

Figura 3. Experimento do balde de Newton nos instantes em que o balde está em repouso. No instante 0 o movimento relativo entre a água e o balde é nulo e a superfície da água é plana. No instante IV, o movimento relativo é máximo e a água possui uma superfície curva.

Se imaginarmos que, para Descartes, o movimento era medido com relação a outros corpos e se considerarmos o instante 0 em que o balde ainda não começou a girar, teremos a mesma situação cinemática do instante II. Ou seja, a velocidade da água com relação ao balde seria nula nessas duas situações. Entretanto, observaríamos a partir do mesmo movimento relativo duas situações diferentes, pois em um caso aparece a força centrífuga e em outro não. Portanto, o movimento circular da água não pode ser medido em relação ao balde, porque isso não explica o aparecimento da força centrífuga na água. De modo cinemático, a medida do movimento da água pode ser feita no referencial do balde, mas dinamicamente não. Não é

possível explicar as causas dos movimentos, e nem seus efeitos, apenas realizando medidas de posição e velocidade a partir de objetos materiais.

Para Newton, a força que aparece no movimento circular é real, pois causa uma deformação geométrica real na água e seu aparecimento precisa ser explicado também a partir de causas também reais. O movimento da água não poderia ser medido com relação a nenhum outro corpo do Universo, uma vez que o movimento relativo entre os corpos sempre podem ser muitos e iremos encontrar situações contraditórias com as do experimento do balde, em que o mesmo movimento relativo pode revelar efeitos diferentes no movimento.

Poderíamos tentar explicar a concavidade por outros meios, como a força de atrito ou buscar outros corpos no Universo para servirem de referencial para o movimento da água. Newton não faz essa discussão, mas Ghins (1991) argumenta que o atrito não pode explicar a concavidade da água, uma vez que ele desaparece quando o movimento relativo entre a água e o balde é nulo. Assis (1998) contribui com essa discussão ao buscar justificar, a partir da mecânica newtoniana, porque o movimento da água não poderia ser com relação a nenhum outro corpo do Universo. Para ele, Newton diria que o movimento da água não pode ser com relação a Terra, porque esta só exerce força gravitacional sobre as moléculas de água, e essa força é direcionada para o seu centro e não poderia fazer subir a água no balde. O movimento da água também não poderia ser com relação às estrelas fixas, considerada como o restante do Universo, uma vez que a distribuição dos corpos é considerada por Newton como isotrópica e, por isso, a soma das forças gravitacionais provenientes de todos os corpos do Universo seria nula e não teria nenhum efeito sobre a concavidade da água.

Assim, não há um corpo material no Universo que deva ser privilegiado como referencial absoluto para a medida dos movimentos. Portanto, deve existir um referencial que seja independente dos corpos materiais e que permita a medida dos movimentos verdadeiros de modo unívoco, que seja capaz de explicá-los tanto cinematicamente como dinamicamente.

O referencial dos movimentos verdadeiros, para Newton, é o espaço absoluto, que existe de modo independente dos corpos, enquanto que o movimento verdadeiro deve ser definido como mudança de lugar no espaço absoluto, pois apenas desse modo é que não deixamos as definições dos movimentos dependentes da contingência dos corpos. Antes, a definição de movimento cartesiana também era igual à newtoniana, mas o conceito de lugar era diferente (vizinhança dos corpos), o que trazia algumas dificuldades. Para Newton, o lugar passa a ser a região ocupada pelo corpo no espaço absoluto e, mesmo não podendo detectá-lo,

nos traz argumentos que mostram seu novo modo de compreender os movimentos e que, portanto garantem que o espaço absoluto é uma boa explicação para eles.

Esse movimento relativo do balde é uma ilustração de como Newton irá aplicar seu raciocínio ao movimento dos planetas, assim como do achatamento de seus polos. Newton explica, portanto como a força centrífuga aparece nos movimentos dos planetas. A Terra tende a afastar-se do centro do Sol devido a seu movimento relativo ao espaço absoluto, que para Newton, poderia ser aproximado às estrelas fixas. Não seria, portanto, com relação a nenhum outro corpo do Universo que a Terra giraria. De modo sintético, Newton apresenta as definições para tempo, espaço, lugar e movimento:

I – O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, sem referência a nada externo, flui uniformemente e também é chamado de duração [...]

II – O espaço absoluto, por sua própria natureza e sem referência a nada externo, sempre permanece homogêneo e imóvel. O espaço relativo é qualquer medida ou dimensão móvel desse espaço absoluto; tal medida ou dimensão é determinada por nossos sentidos pela posição do espaço com relação à Terra. Espaço absoluto e relativo são os mesmos em forma e magnitude, mas não permanecem sempre os mesmos numericamente.

III – Lugar é a parte do espaço que um corpo ocupa, e dependendo do espaço, é absoluto ou relativo [...]

IV – Movimento absoluto é a mudança de posição de um corpo de um lugar absoluto para outro; movimento relativo é a mudança de posição de um espaço relativo para outro. (NEWTON, p. 408, 1999/1687)

Mesmo considerando as estrelas fixas como boa aproximação para a medida dos movimentos, Ghins (1991) afirma que elas não poderiam ser o referencial verdadeiro porque uma estrela também poderia sofrer os efeitos de inércia com relação a outras estrelas e chegaríamos a uma regressão ao infinito. Além disso, o efeito da curvatura da água é local, não sendo observado nas estrelas fixas, sendo uma relação assimétrica.

Assim, o experimento do balde mostra que nenhuma fonte observável pode ser a causa das forças de inércia e, portanto, é necessário afirmar a existência de uma entidade: o espaço absoluto. Este teria propriedades que causariam as forças de inércia quando algum corpo estivesse acelerado com relação a ele. As forças de inércia são aquelas que surgem quando tentamos retirar um corpo do estado de inércia.

A força de inércia é para Newton tão real quanto a força exercida, e ambas necessárias para explicar o movimento acelerado, na ausência da força de inércia, mesmo a menor força exercida poderia comunicar ao corpo uma aceleração infinita. (GHINS, 1991, p. 24 – 25).

Na mecânica newtoniana há dois tipos de forças, aquelas externas que seriam a causa dos movimentos e as internas, que seriam seus efeitos. Elas estão relacionadas do seguinte modo:

$$\vec{F}_E = m\vec{a} = -\vec{F}_I$$

Onde $\vec{F}_E$ é a força externa $\vec{F}_I$ é a força de inércia, expressa por: $\vec{F}_I = -m\vec{a}$. Esse modo de entender os movimentos nos leva à terceira lei de Newton, em que a força de inércia aparece representada pela força de reação. A força de ação é a causa do movimento, enquanto que a de reação é um efeito, devido à tentativa de retirar um corpo de seu estado de inércia, expresso pela primeira lei de Newton. Aliás, a primeira lei de Newton não diz claramente com relação a qual referencial o movimento inercial se dá e por isso a consciência de que o espaço absoluto é o referencial privilegiado é necessária para a identificação do referencial para os movimentos inerciais. Essa lei é expressa no *Princípios* como: “todo corpo persiste em seu estado de repouso ou movimento retilíneo e uniforme, exceto se ele for compelido a mudar seu estado por forças impressas” (NEWTON, 1999/1687).

O aparecimento da inércia tem duas origens. Uma proveniente da massa do corpo, porque em sua ausência o corpo não ofereceria resistência, e outra do espaço absoluto, que por sua estrutura é capaz de ser a causa das forças de inércia. “As forças de inércia são os efeitos de um movimento de rotação em relação ao espaço absoluto” (GHINS, 1991, p. 39). É importante observar que essa massa é conceitualmente diferente da massa gravitacional, da qual não trataremos aqui, mas a compreensão dessa diferença é importante para alguns desenvolvimentos posteriores na relatividade geral.

E mesmo na impossibilidade de uma medida direta do espaço absoluto, “uma vez que as partes do espaço não podem ser vistas ou diferenciadas umas das outras pelos nossos sentidos” (NEWTON, p. 410, 1999/1687), é possível diferenciar os movimentos absolutos dos relativos através de medidas perceptíveis:

[...] repousos e movimentos absolutos e relativos são distinguidos um do outro por suas propriedades, causas e efeitos [...]. As causas que distinguem os movimentos verdadeiros dos relativos são as forças impressas pelos corpos para gerar movimento. Os efeitos que distinguem movimento absoluto de movimento relativo são as forças de afastamento do eixo do movimento circular. Em um movimento circular puramente relativo essas forças são nulas, enquanto que em um movimento circular absoluto e verdadeiro elas são maiores ou menores proporcionalmente à quantidade de movimento. (NEWTON, p. 411 - 412, 1999/1687)

Newton argumenta, a partir de um segundo experimento mental, que mesmo se houvesse apenas um corpo no Universo vazio, ainda assim poderíamos identificar se ele realiza um movimento circular verdadeiro ou não. Este é o caso da experiência dos dois globos. No *Escólio das Definições*, Newton imagina dois globos presos por uma corda e postos a girar no Universo vazio:

Figura 4. A experiência dos dois globos apresentada no *Escólio das Definições* do *Princípio*. Dois globos presos por uma corda são postos a girar no Universo vazio. Mesmo assim ainda seria possível detectar o movimento a partir do aparecimento das forças centrífugas representadas pela tensão na corda.

Neste experimento, mesmo que o movimento absoluto seja definido como a mudança de lugar no espaço absoluto e sendo por isso impossível de ser detectado apenas por uma mudança de posição no espaço absoluto, seria possível detectar o movimento circular dos globos a partir das forças centrífugas que apareceriam indicadas pela tensão na corda.

Assim, Newton conclui que as forças são tanto causas como efeitos dos movimentos. A força de inércia podendo ser entendida tanto como força ativa, pois é capaz de alterar o estado de movimento de um segundo corpo que tentou modificar o estado de um primeiro, como força passiva, ao impedir que o movimento do primeiro corpo mude infinitamente:

Mas o corpo só exerce essa força quando uma outra força, exercida sobre ele, se esforça para modificar seu estado; e o exercício desta força pode ser considerado, ao mesmo tempo, resistência e impulsão; a força é a de resistência quando o corpo, para conservar seu estado, se opõe à força imprimida; e é de impulsão na medida em que o corpo, ao resistir à força exercida pelo outro corpo, tenta modificar o estado deste último. (GHINS, 1991, p. 24).

Percebemos assim o papel central que as forças possuem na definição do referencial do espaço absoluto, e não apenas as forças de causa, mas também as de efeito. Percebemos também como as três leis de Newton trazem consigo elementos implícitos que, embora não apresentados nela, são essenciais para a normatividade dos conceitos nelas contidos. A primeira lei pode ser entendida como um exemplo de movimento que não precisa ser explicado dentro do sistema newtoniano e as outras duas indicam como explicar aqueles movimentos que fogem ao primeiro caso. As relações entre os conceitos não são somente matemáticas.

É evidente que os argumentos do balde e dos globos foram apenas um modo de apresentar a mecânica de Newton e podemos observar isso no modo como o experimento é narrado, já pressupondo as proposições gramaticais de sua nova visão de mundo, cuja construção foi fruto de um imenso trabalho que só a elucidação histórica poderia nos fazer compreender sua natureza.

A forma como Newton define o tempo e o espaço, absolutos e independentes dos corpos, parece uma abstração longe dos fenômenos físicos e idealizadas, ao contrário da relatividade restrita que permite uma medida deles. Entretanto, Paty (1995) nos mostra que o conteúdo físico dos conceitos não está nas medidas de grandezas matemáticas que podemos fazer, mas sim na relação que eles possuem com os fenômenos físicos:

[...] embora concebidos como “absolutos”, o tempo e o espaço da mecânica e da física clássica constituem o cenário *físico* dos fenômenos naturais, ainda que essa dimensão não apareça de maneira explícita nas definições. O espaço absoluto de Newton é físico na medida em que está na origem da propriedade de inércia dos corpos, e constitui a causa e o suporte das acelerações. (p. 33)

Apesar de parecer que as definições newtonianas são descoladas dos fenômenos físicos, pelo modo como Newton as apresenta, essas abstrações foram construídas considerando-os. Houve um trabalho de resignificação e reconstrução do modo de organizar o mundo físico, trabalho estritamente filosófico de relacionar o abstrato ao empírico, que levou Newton a formular novas proposições e assim uma nova imagem de mundo para guiar as novas significações das palavras, seus novos usos e suas novas compreensões.

Toda essa imagem de mundo não veio apenas com as proposições de organização direta do mundo, mas também daquelas que possibilitam a construção do conhecimento físico. Para Newton, era necessário considerar um novo modo de conceber a filosofia natural através de um diálogo entre a matemática e as evidências da experimentação, sendo que a matemática teria um papel anterior à experimentação:

[...] Newton teria concluído que descrever o movimento dos planetas e satélites, ou o movimento em geral, com precisão absoluta, era imensamente mais complicado do que seus contemporâneos e antecessores poderiam pensar ou ter pensado. Assim, a solução encontrada por Newton foi, partindo de simples casos idealizados, passar progressivamente para outros casos mais complicados, também idealizados, e depois percorrer o caminho oposto, isto é: pelo desmembramento dos casos mais complicados provar os mais simples, embora sempre em direção à verdade. (SAPUNARU, p. 56, 2008).

Essa forma lógica de construção do conhecimento está implícita até mesmo no modo de descrição dos fenômenos. Embora tenha sido utilizada por Newton para construir seu

sistema, ela permaneceu como regra para a descrição dos fenômenos físicos. Assim, por exemplo, não se descreve o movimento dos planetas a partir de toda a complexidade de suas propriedades, mas os físicos primeiramente fazem idealizações e estudos de casos simples antes de querer descrever os movimentos em toda a sua complexidade.

Newton, portanto, estabeleceu novos elementos para a constituição da racionalidade da física, tanto por uma nova normatividade para os conceitos fundamentais das teorias quanto por novos métodos de construção delas, caracterizados pela dedução, da indução, do método hipotético-dedutivo, do uso da matemática como essencial ao raciocínio e de um modo mecanicista e determinista de explicação do mundo físico.

Esses métodos estão de certo modo implícitos na teoria da mecânica clássica, quando não consideram aspectos dos fenômenos que tornariam a explicação não determinista, como a cor e a temperatura dos objetos, ou medidas de tempo e espaço relativas a corpos arbitrários, assim como no modo particular de conceber o movimento a partir do cálculo diferencial e integral, considerando-o como contínuo. Esses e outros pressupostos guiam o sujeito tanto na organização da realidade como possibilitam que eles sejam alterados a partir dos métodos implícitos de construção do conhecimento.

Para Paty (1993), a grande contribuição de Newton, inserida na Física de modo tácito, foi a consideração do tempo como instantâneo, permitindo estabelecer relações de causalidade entre dois corpos em dois instantes, expressa na segunda lei de Newton. “É pelo original emprego de uma geometria dos limites das razões de grandezas para exprimir as relações mecânicas que o tempo instantâneo deu sua entrada mascarada na física” (p. 34, 1993).

As certezas apresentadas nesta seção são fruto de trabalho mais filosófico do que matemático e empírico, embora não seja possível fazer uma separação tão estrita dessas contribuições, uma vez que elas não existem isoladas, mas fazem parte de uma rede de proposições ligadas por relações de semelhança. Por isso, queremos enfatizar que nossa intenção não foi priorizar as proposições filosóficas da imagem de mundo newtoniana, mas sim mostrar que elas possuem um papel importante e necessário em sua formação. Apesar de termos priorizado um tipo de proposição, haverá aquelas que conterão verdades sobre o mundo que não são facilmente separáveis em filosóficas, empíricas ou matemáticas. Alguns exemplos são:

“[...] a Terra dá uma volta sobre seu eixo, completando uma revolução em aproximadamente 24 horas, a Terra e os planetas se movem em órbitas elípticas ao redor do Sol, as mesmas leis que descrevem o comportamento

dos objetos na Terra [...] também se aplicam para objetos tais como planetas e estrelas”. (DEWITT, 2010, p. 13)

Essas verdades sobre o mundo foram construídas dentro da filosofia natural tanto a partir de dados empíricos quanto de pensamentos filosóficos, seja a respeito da estrutura metafísica do Universo ou dos métodos de se conhecer a realidade do mundo. Essas proposições um dia podem ter sido descritivas, mas depois passaram a fazer parte de uma imagem de mundo e, portanto, a serem normativas, e por isso, também não podem ser desconsideradas dentro do sistema newtoniano. Elas apenas foram desconsideradas aqui porque estamos realmente priorizando apenas um aspecto desse sistema, pelos motivos que já apresentamos.

A mecânica newtoniana foi alvo de diversas críticas, feitas principalmente por Leibniz, como veremos na próxima seção. Entretanto, o sucesso na explicação dos fenômenos físicos, comparado com as mecânicas concorrentes, foi implacável e cada vez mais foi ganhando a aparência de verdade inabalável, principalmente da existência do espaço e do tempo, tendo como argumento mais poderoso o poder explicativo da inércia dos corpos (GHINS, 1991).

4.3 CRÍTICAS AO SISTEMA NEWTONIANO

A mecânica newtoniana deixou lacunas, inevitáveis, como em qualquer teoria física. Essas lacunas aparecem tanto quando há a incapacidade de explicar algum dado sensível como já está implícita nas escolhas filosóficas. O caráter necessário da filosofia na física é um dos fatores importantes que a impede de não ter lacunas, uma vez que deixa de modo inevitável um espaço aberto para críticas. Como vimos na seção sobre os problemas filosóficos, cada uma das possíveis respostas a esses problemas traz consigo seus limites.

O caráter não detectável do espaço absoluto e a impossibilidade de diferenciar, absolutamente, o repouso de movimentos retilíneos e uniformes serão alguns dos motivos de crítica ao sistema newtoniano. Para ARMSTRONG (1963), a grande dificuldade de aceitar o espaço absoluto é:

[...] que mesmo que possamos descobrir maneiras de diferenciar o comportamento de certos objetos físicos de outros, nós nunca teremos nenhuma garantia para relacionar essas diferenças com aquelas dos movimentos absolutos dos corpos considerados. [...] A visão newtoniana que correlaciona a ausência de força centrífuga com a ausência de movimento

absoluto [...] é certamente a mais simples e mais óbvia correlação. Mas, como eu posso saber se essa é a visão correta? Talvez, o comportamento do balde seja dado por outro fator inobservável [...] (p. 213).

A explicação para o aparecimento das forças de inércia poderia ser outra, pois não há nada na experiência que nos mostre qual é a relação direta que o espaço possui com os corpos materiais. É essa possibilidade que irá fazer com que outros proponham modos diferentes de explicar o aparecimento das forças centrífugas nos movimentos acelerados. Por outro lado, a existência de movimentos acelerados em que aparecem forças centrífugas, se não necessariamente implica num espaço absoluto, implica em acelerações absolutas. Além disso, a existência de uma aceleração absoluta implica na existência de velocidades e posições absolutas, uma vez que as acelerações são variações de velocidade (GHINS, 1991). Essa será uma das dificuldades das novas propostas, além da dificuldade em explicar o aparecimento da inércia a partir de sistemas relacionistas.

Apresentaremos duas grandes críticas ao sistema newtoniano, feitas por Leibniz e por Ernst Mach, que influenciaram fortemente a construção das teorias posteriores da física. Não esgotaremos todos os detalhes dessas críticas, mas apenas o suficiente para perceber alguns limites do sistema newtoniano.

Leibniz, como relacionista, negou a existência do espaço absoluto e propôs uma teoria que independesse dele¹². Para ele, “o espaço é a ordem das coexistências, e o tempo é uma ordem das sucessões” (ELORRIETA e VINUESA, 1995) e consiste numa ideia que temos instantaneamente para organizar a ordem dos objetos materiais que existem simultaneamente (espaço) e dos que não (tempo).

As críticas leibnizianas ao sistema newtoniano estão baseadas nos princípios da razão suficiente e da identidade dos indiscerníveis. Elas estão documentadas principalmente em sua correspondência com Clarke, discípulo de Newton, no início do século XVIII. Leibniz não chegou a negar os argumentos dinâmicos de Newton, mas ele sim que as forças de inércia ocorram necessariamente como efeitos de movimentos com relação ao espaço absoluto, pois “na verdade, o experimento do balde demonstra a definição operacional de uma rotação em relação a um referencial inercial” (ERLICHSON, 1967).

A partir do princípio da razão suficiente, em que nada pode existir se não houver uma razão suficiente, não haveria razões para diferenciar as diferentes regiões do espaço e nem razões para preferir uma posição ou outra nele. Não haveria razão para que o Universo

¹² Ver Sapunaru (2012).

estivesse localizado em um lugar do espaço e não em qualquer outro, uma vez que todos os seus lugares seriam indistinguíveis. Para Leibniz, Deus não faria nada sem uma razão suficiente, portanto o espaço e o tempo absolutos não devem existir. Ao contrário, se o espaço fosse considerado como dependente dos corpos, então as coisas existiriam ao mesmo tempo e serviriam de referência para o movimento dos corpos, pois seria possível distinguir entre suas diferentes posições. Pelo princípio da identidade dos indiscerníveis, os objetos do Universo que possuem as mesmas qualidades e propriedades, diferindo apenas por sua posição no espaço, não poderiam ser distinguidos, uma vez que não podemos distinguir posições diferentes no espaço absoluto. E se não for possível distinguir entre dois objetos idênticos, Deus não teria motivo para escolher a criação de um em detrimento de outro e por isso, no Universo não há objetos indiscerníveis. E disso, conclui-se que “uma vez que o espaço é homogêneo, é impossível imaginar uma experiência capaz de demonstrar que o universo ocupa uma posição x ao invés de uma posição y” (GHINS, 1991). Esse argumento também pode ser utilizado contra a existência de qualquer movimento absoluto.

A argumentação de Leibniz não se direciona apenas aos fundamentos metafísicos, mas também epistemológicos (ERLICHSON, 1967), uma vez que ele objeta que o espaço, o tempo e o movimento absolutos não podem ser acessados empiricamente¹³ e por isso, deveriam ser descartados da física. E, como vimos, o sistema newtoniano realiza medidas empíricas dos efeitos observáveis do espaço e do tempo, e não deles próprios. Entretanto, a nova proposta de Leibniz não substituiu a mecânica de Newton, principalmente porque os princípios desta estavam muito bem corroborados pela experiência.

No final do século XIX, Ernst Mach buscou uma teoria da inércia e da gravitação a partir de uma concepção empirista. Ele queria explicar os dois tipos de movimentos, os inerciais e os não-inerciais a partir de uma concepção relacionista do espaço, tempo e movimento. A noção de espaço absoluto não teria sentido em sua teoria, que seguia as normas do empirismo:

A cada termo (ou relação) que figura em uma teoria física, devem corresponder objetos empíricos (ou fenômenos que realizam empiricamente esta relação). A expressão “espaço absoluto” é inaceitável porque o espaço absoluto é inobservável e não possui significado empírico independente dos efeitos de inércia que se espera que ele produza. É, então, impossível verificar a existência da relação de causalidade. (GHINS, p. 219, 1991).

¹³ Ghins (1991) afirma que embora Leibniz faça essa argumentação, ele está longe de ser um empirista.

Para Mach, o único acesso que temos aos movimentos, empiricamente, é através de suas relações. Sabemos qual é o movimento relativo entre a Terra e Sol, mas não se um deles está ou não em repouso em relação a um suposto espaço absoluto. As teorias da física devem considerar apenas as relações entre os corpos, pois é apenas a elas que temos acesso, e a partir delas explicar os movimentos e as suas propriedades tomando como referencial qualquer corpo observável.

Considerando o argumento do balde de Newton, que também pode ser estendido para o dos dois globos, Mach nos diz que:

O experimento de Newton com o balde de água girante nos ensina apenas que a rotação relativa da água com respeito às paredes do balde não produz *nenhuma* força centrífuga perceptível, mas que tais forças são produzidas pela sua rotação relativa com respeito à massa da Terra e de outros corpos celestes. Ninguém tem a competência de dizer qual seria o resultado do experimento se a espessura e a massa das paredes do balde fossem aumentadas até que elas tivessem vários quilômetros de espessura. Temos diante de nós apenas um único experimento, que devemos pôr de acordo com o resto dos fatos que nos são conhecidos, mas não com nossas arbitrarias ficções da imaginação. (MACH, p. 232, 1902/1883)¹⁴

Assim, o experimento do balde apenas nos mostra a relação do movimento da água com o restante do Universo e não uma relação causal com o espaço absoluto. Ninguém garante que estando o balde em repouso e o restante do Universo em rotação (mantendo por isso o mesmo movimento relativo) que não apareceriam as forças centrífugas na água. A partir dessas críticas, Mach irá propor uma mecânica que torne equivalente as situações cinemáticas e dinâmicas. A inércia, as acelerações, velocidades, massas e forças seriam medidas a partir das relações entre os corpos materiais e dependeriam de sua existência. Por exemplo, a razão entre as massas de dois corpos seria o negativo da razão inversa entre suas acelerações (ASSIS, 1998)

O princípio da inércia em Newton impõe que o movimento inercial, retilíneo e uniforme ou em repouso, ocorre com relação ao espaço absoluto, mas para Mach, ele ocorre com relação a todo o Universo. Assim, o Universo inteiro será o substituto do espaço absoluto e será também o referencial no qual haverá o aparecimento dos efeitos de inércia nos movimentos. No experimento do balde a água sobe pelas paredes do balde por estar acelerada em relação ao Universo como um todo e se em vez disso, o Universo girasse, o movimento relativo ainda seria o mesmo e a força centrífuga apareceria da mesma maneira.

¹⁴ Tradução para o português feita pelo prof. Dr. Osvaldo Pessoa Jr., para o curso de Filosofia e História da Ciência Moderna no primeiro semestre de 2012.

Segundo Assis (1998), a mecânica de Mach não foi capaz de explicar a proporcionalidade entre a massa inercial e a gravitacional, porque o referencial das estrelas fixas é um bom referencial e como surgem as forças de inércia. Além disso, contando que os corpos do Universo possuem cada um seu movimento, é difícil saber a posição de todos eles e assim encontrar um ponto médio com relação ao qual ocorrem os movimentos. As dificuldades da mecânica radical de Mach a impediram de se estabelecer como substituta da mecânica newtoniana, o que só seria feito no início do século XIX, com o surgimento da teoria da relatividade. A polêmica em torno do experimento do balde de Newton só se tornou mais clara a partir do Princípio da Equivalência da Relatividade Geral (FITAS, 1996).

As críticas aqui apresentadas tiveram grande contribuição na história da física para a construção da teoria da Relatividade Restrita e Geral, entretanto, o caráter absoluto do movimento circular ainda permanece nelas (ARTHUR, 1994). O mito criado de que essas teorias “provariam” que o espaço é relativo é falso não apenas por uma impossibilidade empírica, mas também porque nelas o espaço e o movimento não se pretende relativo em todos os sentidos.

4.4 COMPREENSÃO E ENSINO DE MECÂNICA NEWTONIANA

Apresentamos, neste capítulo, algumas das proposições gramaticais que fundamentam a imagem de mundo newtoniana. Devido aos objetivos desta pesquisa, escolhemos aquelas que são fruto de um trabalho mais filosófico, mas sabemos também que há outras que vem, por exemplo, da matemática ou de descrições empíricas. Essas dimensões não são facilmente separáveis por estarem presas a uma mesma visão de mundo.

A partir do estudo, percebemos que o fim da cadeia de razões da mecânica newtoniana não termina em suas três leis. Há a hipótese do espaço absoluto, a necessidade de um referencial para a medida dos movimentos, a existência de movimentos verdadeiros, um papel para a força centrífuga na escolha do referencial, um papel para o espaço que explica o aparecimento das forças centrífugas, entre outras proposições que são necessárias para dar sentido a teoria, mostrando que conhecer apenas as três leis de Newton, desconectadas uma da outra, não é suficiente para formar a sua imagem de mundo. Talvez seja em um grau muito pequeno, mas tão pequeno que precisamos repensar se vale ensinar dessa forma.

Cada uma dessas dimensões está sedimentada na racionalidade da Física e são necessárias para a sua compreensão holística. Evidentemente, haverá jogos de linguagem em que é possível partir apenas da matemática e da descrição empírica, ou de apenas uma dessas dimensões. Todavia, esses jogos de linguagem são particulares e isoladamente, não permitem a formação de uma gramática, que possui um caráter panorâmico.

Chamamos de mecânica clássica a uma família de jogos de linguagem, inclusive aqueles em que não há filosofia. Quando o estudante aprende apenas o jogo de linguagem da resolução de exercícios, podemos dizer ele está participando de um dos jogos de linguagem da mecânica e que possui um grau pequeno de compreensão dela, pois é capaz de seguir algumas de suas regras. Mas, qual é o nível de compreensão que queremos para o ensino de Física? É a compreensão de apenas um de seus jogos de linguagem ou a compreensão em um nível suficiente para permitir autonomia a partir do pensamento físico (que não exclui por completo a primeira possibilidade)? Com autonomia, queremos dizer aquela trazida pela própria linguagem da Física, que permite o uso de palavras em diferentes contextos, a sua própria crítica e a possibilidade de imaginar pressupostos diferentes, entre outras habilidades, ou seja, permite ao estudante ser autor de novas ideias a partir de pensamentos físicos, sem deixá-lo preso à apenas em um de seus jogos de linguagem. Para isso, é necessária a participação em mais de um jogo de linguagem. Se pensarmos nas críticas tecidas pelas pesquisas que defendem a inserção de História e Filosofia da Ciência, é justamente o dogmatismo o que elas não querem.

A Física não é definida por sua dimensão filosófica, mas tampouco existe sem ela. Faz parte de compreender um conceito físico conseguir aplicá-lo em contextos diferentes, o que apenas é permitido pelo compartilhamento de uma visão de mundo, de proposições que indicam seus significados. O conceito de espaço não se relaciona apenas com o conceito de distância, mas com muitos outros. Aprender apenas uma regra pertencente à sua normatividade não permite a formação da rede de proposições gramaticais e por isso, impede a formação deste conceito. Além disso, as leis de Newton não existem isoladas, mas estão relacionadas e fundamentadas em proposições gramaticais que dão sentido a elas e as relacionam.

O espaço também pode ser independente da matéria, um conjunto de relações, contínuo, absoluto, indivisível, isotrópico, causa dos movimentos verdadeiros, continente dos corpos materiais, estruturado pela geometria euclidiana, a causa da inércia dos corpos, o referencial absoluto. Essas características são parte da normatividade do conceito de espaço e

sem uma quantidade suficiente delas para a formação da rede de proposições, este conceito não pode ser aprendido.

Da mesma maneira, podemos encontrar aplicações diferentes para muitos outros conceitos da mecânica, como o de movimento, força, inércia, massa, entre outros. O movimento não é apenas a relação matemática entre um deslocamento no espaço e no tempo, mas ocorre com relação a um referencial, é absoluto, possui causas e efeitos, pode ser inercial ou não. A força vai além de ser a multiplicação entre as medidas de massa e de aceleração, ou da variação da quantidade de movimento, mas também pode ser a causa ou o efeito de um movimento acelerado, pode alterar movimentos e pode ser o motivo da escolha do referencial.

Evidentemente haverá conceitos que, dentro de uma teoria formalizada como a mecânica clássica, terão aplicações mais restritas do que aqueles que apresentamos até então, como é o conceito de velocidade. A velocidade é uma taxa de variação da distância sobre o tempo, é uma grandeza matemática. Neste caso, compreender apenas um uso da palavra velocidade na mecânica clássica já seria equivalente a compreender todos, pois só há um. Entretanto, este conceito não vem desligado de uma visão de mundo, não vem desconectado de uma concepção de movimento. E mesmo esse conceito rígido pode encontrar normatividades diferentes em outras teorias da Física, mesmo dentro de contextos matemáticos, pois é possível conceber diferentes geometrias.

A visão de mundo da mecânica newtoniana precisa de proposições gramaticais ainda mais fundamentais. Na resposta à pergunta: o quê é importante para a compreensão da natureza? A mecânica responde que é o movimento, a mudança. Isso não é trivial para quem não conhece o modo de pensar da Física. Assim como não é trivial que a matemática seja um modo de conhecer o mundo.

Na seção anterior, percebemos que as críticas ao sistema newtoniano não eram baseadas apenas nas proposições de caráter metafísico, mas também epistemológico. As proposições de uma imagem de mundo não são separadas em metafísicas e epistemológicas, matemáticas e empíricas, mas se entrelaçam e se apoiam umas nas outras. Não é possível separar uma proposição que diz o que é o espaço de uma proposição epistemológica que diz como ele deve ser medido.

E mesmo se não quiséssemos defender a dimensão filosófica da Física em seu ensino, encontraríamos que, possivelmente, até mesmo a dificuldade de compreensão dos jogos de linguagem da resolução de exercícios ocorre por um não conhecimento de alguns aspectos

epistemológicos do “estilo-newtoniano” (SAPUNARU, 2008). Este se constitui na adaptação sucessiva dos abstracionismos matemáticos à natureza, envolvendo o determinismo, o realismo, o indutivismo, a causalidade, etc. Essas proposições também indicam a normatividade dos conceitos, até mesmo os matemáticos. Evidentemente apenas um estudo histórico permitiria a compreensão dessas proposições, mas os usos das palavras podem ser compreendidos a partir de uma aceitação e conhecimento delas.

A percepção de que ao ensinarmos, necessariamente, ensinamos uma nova gramática, que não é absoluta, mas convencional, pode ajudar o professor de Física a compreender melhor os meios pelos quais seus alunos aprendem. Embora uma concepção wittgensteiniana não forneça métodos de atuação, ela ilumina o nosso olhar para as práticas educacionais e nos ajuda a não cair em confusões, a não pensar que o aluno, por exemplo, deve descobrir proposições por si mesmo. De algum modo nós teremos que incluí-las, tacitamente ou não, nos jogos de linguagem que preparamos para o aprendizado.

O puro debate filosófico sobre se o espaço é relativo ou absoluto, descolado de como a Física se apropria de uma resposta para ele, será improdutivo para a compreensão da mecânica, e muito menos se o debate não for guiado por alguma mínima conceituação prévia. A compreensão do problema é necessária, mas é igualmente importante ver como a Física é capaz de mostrar como seria o mundo se respondêssemos a ele de uma ou outra maneira (a mecânica clássica responde de uma maneira, a relatividade de outra). Além disso, o debate isolado não constitui o objetivo da Física, mas aparece em contextos de discussão teórica, como na correspondência entre G. W. Leibniz (1646 – 1716) e Samuel Clarke (1675 – 1729)¹⁵.

¹⁵ Para mais detalhes sobre o debate, ver *The Leibniz – Clarke Controversy: Absolute versus Relative Space and Time*, de Herman Erlichson (1967).

5. O PODER DO PENSAMENTO FILOSÓFICO NO ENSINO DE MECÂNICA: NOVAS AÇÕES E SIGNIFICADOS

E eu acho que é o que mais vale a pena. Melhor do que ficar jogando uma porrada de equação na lousa. (O, participante desta pesquisa)

O ponto de vista do qual estamos nos referindo à linguagem da Física tem tido, ao longo de todo o trabalho, um caráter pragmático, ou seja, observamos sua linguagem de uma perspectiva interna, mais preocupados com a compreensão e a intersubjetividade dos discursos e menos com o seu processo histórico de produção. Embora pareçam duas dimensões opostas, constituem elementos indispensáveis para a compreensão do discurso (POSSENTI, 1996). Entretanto, a pragmática da linguagem científica não parece ser foco dos trabalhos relacionados ao ensino e aprendizagem de Física, como já apontamos na introdução desta dissertação, e, por isso, este capítulo tem como intenção a análise de uma situação educativa de tal ponto de vista. Elaboramos uma atividade a partir da dimensão filosófica presente na teoria da mecânica newtoniana, que nos permitiu observar quais são as contribuições e limites de nossas teses para o ensino de mecânica. Queremos deixar claro que não desejamos eliminar o enfoque dominante para o ensino e aprendizagem de conceitos físicos, mas sim chamar a atenção para sua insuficiência.

Apresentaremos uma primeira aproximação a uma prática educativa do modo como a defendemos aqui. Primeira, porque a elaboração de tal atividade deveria levar em consideração também os estudos da pedagogia cognitiva, questionando-se mais profundamente sobre a aprendizagem de um conceito ou uma nova linguagem e quais seriam os métodos adequados para esse fim, o que levaria a uma segunda e extensa investigação. Assim, elaboramos atividades de forma mais intuitiva, considerando apenas as experiências anteriores que tivemos com o Ensino de Física, com o objetivo de extrair reflexões sobre as potenciais contribuições de nossas teses. Por isso, não temos a pretensão de prescrever como se deve ensinar mecânica clássica, embora nossa investigação lance luz sobre futuras investigações neste tema.

Como estamos observando o uso das palavras em apenas um dos possíveis jogos da mecânica newtoniana e com pouca frequência, em vez de dizer que o sujeito compreendeu ou não um determinado conceito, optamos por responder à seguinte questão particular: como as proposições gramaticais filosóficas se integram à imagem de mundo newtoniana e possibilitam novas significações às palavras no processo de aprendizagem? Essa questão considera que os sujeitos da pesquisa já conheciam as regras técnicas e matemáticas, portanto,

sabiam alguns componentes de sua imagem de mundo. Nosso trabalho foi, portanto, proporcionar um jogo de linguagem diferente, que permitisse novas ligações de sentido.

Nosso objetivo agora é, portanto, a partir de uma situação de ensino e aprendizagem, observar como esta acontece do ponto de vista dos usos de palavras e da normatividade dos conceitos. Observaremos como as palavras utilizadas ganham ou não novos sentidos durante a participação de um jogo de linguagem dentro da mecânica clássica. Este jogo priorizará aqueles aspectos filosóficos que apresentamos no capítulo anterior. Observaremos o modo como eles são introduzidos e como passam a ser compartilhados pelos participantes da pesquisa.

5.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Entre os métodos conhecidos, as discussões em grupo (um tipo de entrevista de grupo) constituem o meio de coletarmos material empírico mais próximo das relações cotidianas de ensino e aprendizagem de Física, considerando não as opiniões subjetivas, mas a imagem de mundo compartilhada pelos sujeitos (WELLER, 2006). O ideal seria realizar coletas em uma situação mais formal, em que os conteúdos que propomos fizessem parte de maneira integrada a um curso de mecânica clássica, levando em consideração outros aspectos de seu jogo de linguagem, mas tal abrangência ultrapassa os limites desta investigação.

Nas pesquisas qualitativas, as discussões em grupo geralmente possuem um moderador com um papel que não vai além de guiar as discussões e trazer motivações para que elas ocorram. Entretanto, pelo caráter educacional desta pesquisa, o grupo de discussão terá essa intenção apenas de maneira inicial, a fim de coletar informações sobre a visão de mundo anterior dos participantes. Em um segundo momento, o moderador (a autora deste trabalho) terá o caráter de participante do grupo, opinando e argumentando junto com os demais participantes, com a intenção de inserir novas proposições gramaticais filosóficas presentes na imagem de mundo newtoniana e assim proporcionar um ambiente de ensino e aprendizagem. Neste ponto, seu papel é o de professor que tem a intenção de ensinar e não apenas moderar as discussões, o que nos aproxima mais de uma situação cotidiana educacional.

O grupo formado para a participação da pesquisa compartilhava aproximadamente da mesma trajetória de estudos e, portanto, provavelmente compartilhariam da mesma imagem

de mundo para a mecânica newtoniana. Todos eram alunos do primeiro ano do curso de licenciatura em Física da Universidade de São Paulo (com exceção de um integrante, que será caracterizado na próxima seção). Os participantes realizaram, no semestre anterior à pesquisa, um curso de introdução à mecânica clássica, com uma abordagem tecnicista dos conceitos como tradicionalmente ocorre nos cursos de Física.

O compartilhamento prévio dos mesmos significados é importante para que seja possível perceber a influência que a abordagem das discussões teve nas significações dadas pelos participantes. Outro critério para a escolha dos professores em formação foi a não participação em disciplinas de caráter filosófico que pudessem influenciar de maneira externa a construção dos significados. Além disso, outra motivação para a escolha de alunos de primeiro ano faz parte de uma defesa implícita desta pesquisa, que é a necessidade de incluir o pensamento filosófico pertencente à Física nas disciplinas teóricas iniciais, que geralmente trata da mecânica newtoniana, o que permitiria trazer reflexões sobre tal possibilidade.

Utilizamos a técnica de gravação em áudio para o registro das discussões. Os temas abordados versam sobre os assuntos apresentados na seção anterior, cuja motivação foi a de possibilitar uma formação da imagem de mundo mais próxima daquela pertencente à mecânica newtoniana que, como apresentamos, não possui apenas um pensamento pertencente aos jogos de linguagem da técnica e da matemática. Portanto, procuramos proporcionar a participação em um jogo de linguagem também pertencente à mecânica clássica e diferente daqueles que eles tinham participado anteriormente.

Como as discussões em grupo oferecem a dificuldade em adaptar a dinâmica ao grupo e integrar todos os participantes, permitindo a monopolização das conversas em poucos sujeitos e deixando outros fora da discussão, impedindo que sejam obtidas informações daqueles que não participam muito das discussões, foram utilizados questionários semi-estruturados (BONI e QUARESMA, 2005) e redes conceituais (ONTORIA, GÓMEZ e MOLINA, 1999). A inserção de outros métodos possui o objetivo de melhorar a qualidade da pesquisa e minimizar as limitações encontradas nos dados do grupo de discussão, bem como complementá-los através da triangulação.

O questionário (APÊNDICE A) é composto por questões que permitam, mesmo que de maneira mais limitada do que o grupo de discussão, um uso das palavras em determinados contextos, sem a exigência de definições. Trata-se de questões que solicitam a construção de

frases, argumentações a respeito de uma situação ou a explicação de frases que envolvam os conceitos de espaço, movimento e inércia.

As redes conceituais são representações gráficas do conhecimento formando uma rede, em que os conceitos são ligados uns aos outros de acordo com as relações entre eles e permitem uma visão panorâmica. Essas redes podem ser lidas a partir de qualquer ponto, sem uma hierarquia de cima para baixo como os mapas conceituais. Há sim uma hierarquia informal que considera como mais fundamentais aqueles conceitos que recebem mais ligações.

Fizemos algumas adequações das redes conceituais aos objetivos desta pesquisa. A diferença está em que, em vez de colocar verbos de ligação para conectar um conceito ao outro, solicitamos justificativas em forma de texto, além de permitir frases nos lugares dos conceitos. Além disso, sua análise não é baseada na teoria da aprendizagem significativa de *David Ausubel* e nem na significação linguística de *Noam Chomsky* como costuma ocorrer (ibidem). As redes conceituais desta pesquisa são caracterizadas pela representação dos conceitos através de suas relações e das justificativas a elas, cuja intenção é observar quais são os critérios utilizados para a relação entre os conceitos e a formação das relações, derivadas de proposições gramaticais. Não se trata da rede de um conceito, mas de uma imagem de mundo, que tem como consequência também mostrar sua normatividade através das diferentes ligações e justificativas. A limitação desta escolha metodológica consiste em que nem sempre o sujeito possui consciência clara das proposições gramaticais que usa para relacionar os conceitos.

Para a análise do material empírico, seguiremos a perspectiva pragmática da análise de discurso (JONES, 2012), cujo foco é observar que ações podem ser feitas a partir da fala (atos de fala) e quais foram os significados e pressupostos necessários para que tais ações ocorressem. Elaborar hipóteses, fazer críticas, duvidar, dar explicações, fazer previsões, entre outros, são exemplos de ações realizadas verbalmente dentro do discurso da Física, mas também em diversos outros campos, e, por isso, tais atos pertencem à Física quando ocorrem a partir do compartilhamento de seu pano de fundo linguístico. Para realizar tal análise, mais especificamente, nos guiaremos pelo modelo de análise do significado pragmático-semântico da conversação, como apresenta Mattos (2005). Neste modelo, a análise é feita de forma global em um primeiro momento, com a intenção de descrever o que aconteceu no decorrer das discussões, quais foram os temas que surgiram e quais questões terminaram levando a

outras. O segundo momento consiste em analisar cada pergunta-resposta, buscando nas respostas os significados e as suposições implícitas.

No caso desta investigação, buscaremos os conceitos da mecânica newtoniana e os pressupostos presentes em sua normatividade. Buscaremos tanto aquelas normas que compunham a forma de pensamento inicial dos participantes dentro da mecânica clássica, como aquelas que passaram a fazer parte dele no decorrer das discussões. É importante observar que nossa intenção não era realizar mudanças conceituais, como no modelo construtivista da mudança conceitual, mas sim que houvesse a inserção do participante em novos jogos de linguagem que indicassem quais são as regras pertencentes a ele e quais não são. Além disso, as normas que já eram conhecidas continuam sendo importantes para a composição do quadro da mecânica clássica e, por isso, nosso intuito não é descartá-las, mas dar a oportunidade de conhecer outras que são igualmente importantes para a formação da imagem de mundo deste campo da Física.

Houve um planejamento inicial para as discussões, baseado no capítulo anterior, mas o decorrer dos encontros exigiu que alguns rumos diferentes fossem tomados. Inicialmente, por exemplo, planejamos discutir algumas questões já relacionadas à mecânica newtoniana, como “Qual é o significado de espaço?”, “Por que as leis de Newton só funcionam em referenciais inerciais?” ou “É possível encontrar um referencial inercial?”. Entretanto, como veremos durante a análise, houve a necessidade de uma discussão inicial não centrada na mecânica clássica, mas de caráter mais geral, principalmente sobre a existência e necessidade de se postular um espaço absoluto. Apenas nos encontros seguintes é que a entrada no jogo de linguagem da mecânica foi possível. Apresentamos, portanto, uma tabela com os assuntos abordados efetivamente em cada um dos encontros. A tabela é bastante geral, apenas para fornecer um panorama das discussões, que serão mais bem detalhadas junto com sua análise.

Encontro	Temas abordados
1	<ul style="list-style-type: none"> - Confecção das redes conceituais - Respostas ao questionário - Apresentação da pesquisa, procedimentos a serem adotados e expectativas dos participantes. - Discussões gerais sobre o conceito de espaço e movimento. - Leve direcionamento para o jogo de linguagem da mecânica clássica através de algumas questões como “Qual é o referencial para a medida dos movimentos?”.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas da mecânica clássica, tais como a escolha de um referencial, a definição de movimento e de espaço, o conceito de inércia e a qual referencial ele se refere, entre outras. - A equivalência ou não dos movimentos, diferenciação entre movimentos inerciais e não inerciais (em que aparece a força centrífuga) e a escolha de referenciais. - Os sentidos de espaço absoluto e relativo. - Problemas do relativismo cartesiano.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Resumo dos problemas discutidos - Respostas newtonianas aos problemas, concepções de espaço, tempo, movimento e força. - Análise do experimento do balde de Newton.
4	<ul style="list-style-type: none"> - Críticas de Leibniz e Mach ao sistema newtoniano. - Argumentos a favor do espaço absoluto. - Discussão final sobre a pesquisa e sobre a Educação Científica. - Solicitação de nova confecção de diagramas e respostas ao questionário.

Tabela 2. Temas abordados no grupo de discussão.

5.2 O JOGO DE LINGUAGEM DA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS: O ENSINO DE MECÂNICA HOJE

Começaremos por uma caracterização do contexto imediatamente anterior às discussões e, em seguida, apresentaremos duas etapas da análise, uma global e outra mais detalhada. As citações dos participantes, retiradas do grupo de discussão, serão identificadas pelo número do encontro (E1, E2, E3, E4) e pelo número de linha conforme a sequência de falas apresentada no apêndice E.

O grupo de discussão foi composto por nove alunos da disciplina “Gravitação”¹⁶, oferecida no segundo semestre do curso de Licenciatura em Física da Universidade de São

¹⁶ Disciplina com caráter histórico, que possui tem como objetivo mostrar a evolução das teorias de gravitação desde a concepção aristotélica-ptolomaica.

Paulo e ministrada pelo professor doutor Ivã Gurgel, orientador desta pesquisa. Os participantes manifestavam um interesse prévio por questões filosóficas, observado no momento do convite feito durante uma das aulas deste curso. Para fazer o convite, iniciamos uma pequena discussão, durante uma das aulas da disciplina, sobre o conceito de inércia para que fosse possível perceber como os encontros ocorreriam e explicamos que a formação do grupo de discussão faz parte de uma pesquisa sobre a compreensão da Física. Houve trinta inscrições, entretanto, apenas nove com horários compatíveis. Como o número de pessoas é considerado suficiente para a composição de um grupo de discussão, marcamos os encontros com essa quantidade de participantes. Ocorreram quatro encontros, distribuídos em quatro semanas do mês de outubro e novembro de 2013. Planejamos sua duração para duas horas, entretanto, excediam esse tempo por interesse dos participantes. Todos os participantes ficavam dispostos em círculo no momento das discussões.

Por serem alunos de primeiro ano de graduação, não participaram de discussões filosóficas sobre as teorias físicas, sendo que as discussões que mais se aproximaram, com caráter histórico, ocorreram no próprio curso de Gravitação. Assim, esperava-se que o conhecimento de mecânica deles fosse técnico e com significados e operações matemáticas, o que será problematizado a partir da análise dos dados obtidos com o questionário e redes conceituais quando confrontados com a atuação dos participantes no começo das discussões. Havia apenas uma exceção, pois um deles, o participante que chamaremos de R, estava no quarto ano da graduação e havia deixado a disciplina para esta fase. Ele já havia estudado alguns temas abordados nas discussões por conta própria. Por isso, observaremos em suas falas alguns elementos que indicam essas experiências anteriores. Apesar dessas informações, as discussões não foram prejudicadas, pois seu conhecimento teórico sobre mecânica clássica era próximo ao dos outros participantes. Temos que destacar também que um dos participantes quase não participou das discussões, o participante H, e por isso não temos muitos exemplos de suas ideias.

Durante a confecção das redes conceituais, o grupo sentiu a necessidade de encaixar de algum modo o conceito de espaço. Sabiam que ele deveria ser importante, porque quando fizemos o convite para o grupo de discussão demos o nome de “Filosofia do Espaço” e também mencionamos muito este conceito durante a apresentação da pesquisa e convite para a participação do grupo. Por isso, a apresentação dos objetivos da pesquisa e a discussão inicial sobre o papel da filosofia influenciaram a confecção das redes, que seriam diferentes se a conversa inicial não tivesse ocorrido. Entretanto, para minimizar essa influência, ao

identificar a imagem de mundo trazida pelos participantes do curso de mecânica do semestre anterior, daremos maior atenção à participação inicial deles nas discussões, depois às justificativas apresentadas para as ligações entre os conceitos e para as respostas ao questionário e, por último, para o aparecimento da palavra “espaço” na rede conceitual.

O contexto de significados trazidos pelos participantes, identificados nas redes conceituais e nos questionários prévios, é predominantemente caracterizado pelo jogo de linguagem da resolução de exercícios tais como os presentes em livros didáticos mais conhecidos de nível superior ou nos vestibulares. O significado da palavra espaço aparece relacionado a medidas de distâncias e deslocamentos, que se relacionam com as medidas de espaço e de tempo para o cálculo da velocidade e da aceleração. A massa é tida como algo que pode ser medido e como presente em todos os corpos que existem. Massa, força e aceleração geralmente aparecem conectadas nas redes conceituais quando seguimos uma mesma linha, e as justificativas para tais ligações mencionam a segunda lei de Newton, que relaciona matematicamente esses três conceitos. Os movimentos podem ter ou não atrito, serem circulares, retilíneos e uniformes ou uniformemente variados. Pode haver ou não gravidade. Se um corpo existe, então ele possui massa, e pode estar em repouso ou em movimento. Velocidade, aceleração e força podem ser relacionadas com vetores. Um exemplo representativo destas proposições fundamentais está na seguinte rede conceitual elaborada pelo participante N:

Figura 5: Rede conceitual do participante N. O conceito de força é considerado como principal e as setas indicam que só é possível seguir a rede no sentido indicado. **Justificativas:** 1. A força pode estar agindo. 2. O que pode gerar um movimento sem atrito. 3. Se a força deixar de agir e for sem atrito o movimento é

uniforme. 4. O que faz variar apenas o tempo e o espaço. 5. Mas o movimento pode ser acelerado. 8. O que faz variar o tempo, o espaço e a velocidade. 6. Mas pode existir movimento mesmo com a força não agindo. 9. Pois o atrito estático máximo não foi rompido. 10. Mas se for... 11. O atrito vira cinético. 12. O atrito gera uma força contrária ao movimento. 13. Se não estiver agindo uma força (resultante). 14. Ou o corpo está parado. 15. Ou em movimento uniforme. 16. O movimento pode ser não retilíneo. 17. E uma forma deste é ser circular. 18. Para isso é preciso uma aceleração diferente da anterior. 19. A centrípeta que faz ser circular, pois como a força está ligada a aceleração, com a existência desta, aquela existirá também. 20. Mas podemos ter um movimento acelerado tangencialmente. 21. Que necessita de mais forças agindo. OBS.: A força pode ser tanto a resultante como apenas uma das forças que está agindo e no caso, o corpo está apoiado em um plano místico.

De um modo geral, o atrito é um elemento importante da teoria, assim como a indicação de se o movimento está acelerado ou não. Por outro lado, conceitos como inércia e força centrífuga quase não aparecem nas redes conceituais, aparecendo apenas na rede de R (sem justificativa), que é uma das redes que mais se diferencia das demais:

Figura 6. Rede conceitual do participante R. **Justificativas:** 1. mov. → espaço – tempo – geometria. Para que haja movimento, é necessário que haja espaço, pois movimento significa variação no espaço no decorrer do tempo. O espaço é independentemente da matéria e é imutável, além de ser representado pela geometria. 2. Espaço – mov. – velocidade – tempo. Todo movimento ($\therefore \Delta S$) tem uma “intensidade”; velocidade. 3. mov. – veloc. – aceleração – espaço – tempo. O movimento (ΔS), tem “intensidade” (v), que pode ser variada (também no decorrer do tempo): aceleração ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$) 4. Força (geometria, movimento, massa, tempo, aceleração) → Força é algo que, quando aplicada a um corpo (“massudo”) resulta numa aceleração. Implica em gastar energia. Pode causar/aumentar/diminuir/acabar com o movimento.

Se o conceito de inércia e de força centrífuga, elementos fundamentais de conexão entre vários conceitos da teoria da mecânica clássica, não são essenciais para a sua composição, isso nos diz que há uma ausência do aprendizado de certos pressupostos e que isso pode ocasionar uma ausência de sentidos para alguns conceitos em determinados contextos. O fato de que seja o atrito um conceito predominante em quase todas as redes conceituais indica que se dá a prioridade, no ensino de mecânica clássica, para o aprendizado de técnicas de caracterização dos movimentos e da resolução de problemas. Neste caso, a

compreensão da mecânica clássica ocorre em um nível pequeno, não chegando a tocar sua gramática profunda.

O participante R é também o único que relaciona a palavra espaço com outros conceitos além do de distância, provavelmente devido à sua trajetória diferente dos demais companheiros, como mencionamos na seção anterior, entretanto, a conexão com os demais conceitos ainda é inexistente, como veremos na seção seguinte.

Como exceção, na rede conceitual do participante D, há a presença do conceito de referencial inercial, que pelas suas justificativas não possui um papel central na teoria e aparece com menos ênfase do que o conceito de atrito e do que a necessidade de diferenciar as condições para cada movimento, que são aquelas necessárias para a resolução de exercícios:

Figura 7. Rede conceitual do participante D. **Justificativas:** O mais fundamental: o Universo. Do Universo vem um espaço e um tempo. Dentro desse contexto vem a massa. A massa pode estar em repouso ou em movimento, para isso temos um referencial que pode ser inercial ou não. Com isso, temos o movimento. Do movimento ou de sua tendência, temos o atrito. O atrito ocorre meio que em paralelo aos tipos de movimento (retilíneo, circular), ou seja, ele existe (o atrito) para qualquer movimento. Do movimento temos a velocidade, com a velocidade vem o conceito de aceleração, da aceleração eu vou tanto para a força como que ao mesmo tempo, volto pro circular, pois todo movimento circular é acelerado, por mais que eu diferencie as acelerações, pois a aceleração que veio da velocidade (reta 10) é taxa de variação da velocidade no tempo, enquanto que a aceleração intrínseca do M.C não é responsável por alterar esse módulo da velocidade. Bom, da força está ligada a massa, uma vez que não faz sentido ter força e não ter massa, enquanto faz sentido ter massa e não força. Por “fim”, as retas 14 dizem pra mim que eu posso pensar, a priori, em velocidade, aceleração e força sem necessariamente pensar em vetor.

As demais redes não mencionam o conceito de referencial, indicando também que não é um conceito essencial para a resolução de exercícios e nem para a mecânica newtoniana. O fato de que a palavra atrito apareça em quase todas as redes conceituais indica que este é um conceito relevante, assim como outras condições de contorno como o aparecimento de forças e acelerações no movimento, que são indicações de quais caminhos seguir para a resolução de

um exercício. A terceira lei de Newton aparece apenas na rede de J enunciada como proposição fundamental:

Figura 8. Rede conceitual do participante J. **Justificativas:** Tudo depende de um objeto inicial a ser estudado, da busca pelo entendimento da natureza do objeto. 1. O objeto ocupa determinado lugar no espaço-tempo. 2. A partir de alguma força; 3. Ele adquire uma velocidade, que determina seu; 4. Deslocamento. 5. Pode ter atrito ou não. 6. Tudo isso gera uma mudança; 7. Que, por sua vez, causa uma reação dependente do espaço ao redor.

A gramática newtoniana dos participantes termina na segunda lei de Newton, nas expressões para o cálculo da velocidade e da aceleração e na classificação dos tipos de movimento com relação à presença de atrito, força ou aceleração e trajetória (circular ou retilínea). A partir desta primeira análise, embora não tenha sido realizada com o propósito de obter generalizações, nos leva a refletir sobre o estado do ensino de Física hoje, como retrata o trabalho de Nicioli Jr e Mattos (2008) sobre a cinemática nos livros didáticos brasileiros, que abandonou cada vez mais a abordagem qualitativa, aumentou a quantidade de linguagem matemática e de exercícios com esse caráter. Hoje, o que se chama de mecânica é aquela parte da teoria necessária para a resolução de exercícios. Esse diagnóstico, embora as vezes pareça óbvio, ganha um olhar diferente quando o vemos do ponto de vista de Wittgenstein e da noção de jogos de linguagem.

Os jogos de linguagem possuem um conjunto de regras, necessárias para que possam ser jogados. Se a gramática da mecânica que estamos ensinando é a mesma que aquela necessária para a resolução de exercícios, então estamos formando “resolvedores de exercícios”, formando pessoas que saberão mover-se nesse campo e ganharão habilidades que forem possibilitadas por ele. Resolver exercícios não é o objetivo essencial da mecânica newtoniana, embora possa haver contextos em que esse é o seu significado. Quando restringimos o aprendizado de qualquer conceito a apenas um modo de vê-lo, restringimos

também o campo de ação do sujeito, podemos levá-lo ao dogmatismo, além de que, não possibilitar a compreensão daqueles conceitos que exigem uma normatividade mais complexa, como ocorre com os de espaço e tempo. Não adianta, por exemplo, querer abordar em sala de aula o debate sobre a realidade do espaço se o sujeito não possui a linguagem necessária para compreender uma discussão sobre esse conceito.

Este diagnóstico é importante para que repensemos quais são as possibilidades que esse ensino traz aos nossos estudantes e com isso buscar a manutenção desta forma de ensinar ou uma mudança. Estamos ensinando mecânica clássica? Sim, mas num contexto bem restrito dela. Esse modo de ensinar mecânica traz um grau muito pequeno da compreensão deste pensamento e não traz algumas habilidades importantes, como a possibilidade de crítica à própria teoria, uma vez que não chega a tocar a sua gramática profunda e não proporciona uma visão panorâmica.

Uma das consequências de se ensinar apenas o jogo de linguagem da resolução de exercícios é a presença de algumas lacunas de significado, principalmente aqueles que necessitam de uma hipótese filosófica para conectar a teoria formalizada com o mundo. Essa ausência se mostra nas respostas ao questionário prévio às discussões. Nele, as perguntas tiveram a intenção de abordar temas que não fizessem parte da imagem de mundo newtoniana dos participantes, em que faltava a dimensão filosófica. Por esse motivo, as questões pediam e davam exemplos sobre o conceito de espaço, movimento absoluto e relativo, forças, forças centrífugas, inércia e massa, em que se exigia o compartilhamento das hipóteses apresentadas no capítulo anterior. Como os participantes não as possuíam, eles as preenchiam com pressupostos do senso comum, revelando algumas lacunas de sentido, o que também tem como consequência a ausência da formação do conceito físico de espaço e tempo e um conhecimento pequeno da normatividade dos demais conceitos priorizados no questionário.

O conceito de espaço na mecânica newtoniana é próximo ao do senso comum, com uma diferença importante (além de outras) de ser justificado pela explicação dos movimentos da natureza que a teoria da mecânica newtoniana traz. Consideramos, portanto, que os participantes não possuem o conceito de espaço, pois este aparece nos questionários prévios como um continente dos corpos e com a propriedade de poder ter distâncias entre dois pontos localizados nele, mas sem relação com a teoria da mecânica newtoniana:

V: O conceito de espaço me vem à cabeça como algo grande, que pode ser designado como algo infinito, porém posso limitá-lo também. O espaço também pode ter dimensões, começamos de unidimensional e indo podendo

ir até tridimensional. Na minha capacidade mental, não consigo pensar em um espaço com mais de três dimensões. Exemplos: Universo, atmosfera.

F: Espaço é tudo aquilo que pode ser ocupado.

N: O espaço é o lugar que existe, ou seja, deve ser possível chegar a ele, ou seja, ser ocupado. (Questão prévia 1)

Claro que apenas a partir da resposta dos questionários não poderíamos inferir que os participantes não relacionam o espaço com a teoria, mas se relacionamos com as redes conceituais poderemos verificar essa ausência, como já apontamos. Com relação ao conceito de movimento relativo e absoluto, também não há a sua formação, embora haja um nível de compreensão, mas que está quase fora do limite do jogo de linguagem da mecânica newtoniana. Encontramos as lacunas de significados ausentes preenchidas com aqueles emprestados do senso comum, como nas seguintes respostas para a solicitação de exemplos de movimentos relativos e absolutos:

O: Acredito que todo movimento é relativo, pois se pensar num japonês e num brasileiro saindo de casa e eles apontam para cima, só que “para cima” do brasileiro é o “para baixo” do japonês e vice-versa. Mas se restringir o espaço, temos um movimento absoluto.

F: Relativo: você em um carro e o mundo fora que se move.

Absoluto: você se movimentando no carro. (Questão prévia 2)

A presença de respostas trazidas dos jogos de linguagem do cotidiano também ocorre para os demais conceitos, como o de força centrífuga, inércia e força, como nos apresenta as respostas à terceira questão do questionário, em que se pedimos frases em que tais conceitos estivessem presentes:

O: A vida e a morte são inerciais

O: Tudo é relativo.

V: Força centrífuga está muito presente em movimentos circulares.

F: A preguiça é a inércia.

N: Movimento relativo é a interação que há entre os movimentos.

N: Força centrífuga puxa para fora quando se quer ir para dentro.

H: A guerra das trincheiras tomou um espaço de dois anos.

H: Este brinquedo circular gera a adrenalina da força centrífuga. (Questão prévia 3)

Os significados do senso comum não revelam uma relação necessária com a imagem de mundo newtoniana apresentada nas redes conceituais. Aqui, é importante destacar que o questionário pedia respostas dentro do contexto da mecânica newtoniana. Essas respostas indicam que há algumas lacunas de significação que os próprios participantes terminam por preencher com outros jogos de linguagem, uma vez que o jogo de linguagem utilizado para explicar o conceito nem sempre é o da mecânica, embora em alguns casos o significado de

absoluto e relativo esteja aproximadamente correto dentro do contexto da mecânica newtoniana.

A quinta questão possuía frases pertencentes aos jogos de linguagem da mecânica clássica e pedia o significado de algumas palavras presentes nelas. Boa parte das respostas, como é possível ver no apêndice E, eram tímidas (com apenas uma palavra e sem muitas explicações) ou simplesmente traziam um espaço em branco ou um “não sei”. Veremos essas respostas em contraposição às respostas posteriores às discussões, no fim desta análise. A quinta questão, junto com a quarta, tiveram o maior grau de dificuldade para os participantes, pois exigiam um pensamento a partir da gramática da mecânica newtoniana. Exigiam um pensamento guiado pelas regras, e não apenas um saber sobre as regras. Por isso, veremos as discussões do grupo começarem pela quarta questão, que tratava de saber se um corpo está em movimento no espaço vazio.

5.3 A DISTÂNCIA ENTRE OS CONCEITOS E A AUSÊNCIA DA DIMENSÃO FILOSÓFICA

Os conceitos possuem relações entre si e, dificilmente, quem compartilha da linguagem da Física aceita apenas um deles ou apenas uma proposição gramatical, pois a linguagem não vem em blocos, mas em complexas e emaranhadas relações. Na mecânica newtoniana, se há a aceitação da lei da inércia, conseqüentemente deve haver também a aceitação da necessidade de um referencial privilegiado para a medida dos movimentos, pois, de que forma explicamos qual é o referencial do movimento retilíneo e uniforme do corpo em estado de inércia? Bem, pode acontecer também de não se desejar que se saiba o referencial do movimento inercial, mas, neste caso, podemos dizer que ainda estamos falando da lei da inércia?

Não podemos negar que há um grau de compreensão de inércia, mesmo para aqueles estudantes que apenas sabem que se trata de algo que faz com que os corpos permaneçam como estão, ou de algum tipo de “preguiça”, como costumamos ouvir. Também não podemos deixar de pensar que não deveríamos desejar o grau máximo de compreensão, como o de um físico muito experiente, pois isso exigiria tudo o que a formação de um físico exige. Mas, a fronteira entre o que é e o que não é a lei da inércia, quando aprendida sem relações (ou com quase nenhuma) com outros pressupostos da teoria, é tão imprecisa e confusa, que fica a questão de se realmente precisamos ensinar dessa forma e para quê, e também se vale a pena

tamanha limitação da normatividade de um conceito, já que os conceitos não são limitados, mas nos permitem, por sua vagueza, lidar com situações diferentes e muitas vezes opostas.

Na seção anterior, vimos que boa parte da dimensão filosófica presente na mecânica newtoniana não estava presente nos participantes desta pesquisa e que essa falta era preenchida com pressupostos compartilhados pelo senso comum, por aquilo que os participantes já sabiam por simplesmente fazerem parte de uma linguagem natural que também possui o conceito de espaço para alguns fins. Nesta seção, vamos observar que as consequências desta falta são distâncias enormes entre os conceitos pertencentes a uma mesma teoria, distâncias como aquela entre a lei de inércia e o referencial privilegiado. Observaremos também que o preenchimento de algumas lacunas, ao longo dos encontros do grupo de discussões, foi importante para diminuir essas distâncias.

Conceitos fundamentais como o de espaço, tempo, movimento, massa e força envolvem uma normatividade que contém, necessariamente, proposições gramaticais filosóficas e que, em boa parte das vezes, são essas proposições que conectam esses conceitos àqueles mais empíricos, ou seja, que fazem a relação entre a teoria formalizada e o mundo físico. O que nos parece é que considerar a linguagem da Física como completamente essencialista nos tem levado a esquecer desses conceitos mais complexos e a ensinar apenas aqueles com significados bem definidos, geralmente matemáticos ou definidos com frases a serem memorizadas (como ‘toda ação tem uma reação’), ou a criar definições essenciais para uma “didática” dos conceitos mais fundamentais que não possuem essas definições precisas. Essa suposição aparece tanto na ausência dos conceitos fundamentais observados na análise da seção anterior como na ausência de relação entre os conceitos fundamentais e outros, como por exemplo, o conceito de referencial e o de movimento, observada durante a maior parte das discussões no primeiro encontro. A primeira discussão do grupo, onde podemos ver isso, versa sobre a quarta questão do questionário, em que se pergunta se é possível observar uma roda em movimento no espaço vazio e que tem como primeira reação:

- (1) → **D:** Eu não entendi esse da roda, porque se você tá olhando você sabe se ela tá girando ou não.
- (5) **N:** E você tá olhando pra ele só, só pra ele. Como você sabe que ele tá girando ou não? É porque essa parte corta esse círculo em pedaços. Se eu tirar esse pedaço e colocar aqui, pegar o pedaço que tá aqui e colocar aqui, é a mesma coisa. A roda permanece igual. Se ela tiver girando ou parada não altera em nada.
- (12) **N:** Esse lápis tá girando ou tá parado?
- (13) **R:** Tá girando.
- (14) → **D:** Porque eu consigo ver. Dá pra ((pausa)) (E1)

O pressuposto de que é possível observar o movimento sempre que ele ocorre faz parte do senso comum e não da linguagem da Física, que sempre se colocou a questão da necessidade da escolha de um referencial para a medida dos movimentos, uma vez que este pode variar dependendo do referencial escolhido. Além disso, existem outras relações do movimento com o espaço, como a do aparecimento da força centrífuga quando algum objeto está em rotação com relação a ele, que serviria também para identificar a rotação mesmo sem a ausência de outro referencial. Entretanto, esse conhecimento ainda não compõe o pano de fundo da mecânica compartilhado pelos participantes. Podemos observar também a ausência de força centrífuga nas redes conceituais anteriores, assim como o não aparecimento do conceito de espaço, que quando aparece, está relacionado com o conceito de distância e muitas vezes influenciado pelo caráter do grupo de discussão, como já mencionamos.

Posteriormente, no mesmo encontro, os participantes começaram a relacionar movimento com a necessidade de um referencial para medi-lo, relação feita a partir do pressuposto de que não se pode detectar o movimento verdadeiro por si mesmo, mas apenas comparando-o a outro objeto.

- 34 **N:** Então, mas o movimento absoluto que eu tenho pra mim, é um movimento
que quando você compara ele com qualquer outro, não importa, quem seja,
com qualquer outra coisa. Ele vai estar em movimento!
- 35 **F:** Você viu o que você falou: quando você compara ((pausa)) você tem que
comparar.
- 36 → **N:** Então, aí, então, foi por isso que eu travei no da roda, porque tipo eu não sei
se tá em movimento porque eu não tenho nada pra comparar. Quando eu
comparo ((pausa))
- 37 **M:** Essa é a questão. (E1)

O primeiro encontro é marcado por discussões centradas no conceito de espaço, com pequenas relações com os conceitos de movimento, tempo, matéria e referencial. A questão, trazida constantemente pelos participantes, é a da existência do espaço, quase nunca relacionado espontaneamente com os outros conceitos. Por isso, concluímos que inicialmente essa questão não tinha relação com a da necessidade de explicação dos movimentos inerciais e não inerciais, que é um objetivo da mecânica e que é de onde a necessidade de se postular o espaço absoluto surge, além de ser um dos pontos que precisam ser compreendidos para que o surgimento da relatividade faça sentido. O espaço era nada mais que uma entidade continente da matéria, infinito e com duração infinita, semelhante ao espaço da nossa linguagem natural e sem relação com outros conceitos (a não ser como a matéria dependendo do espaço) e em alguns momentos aparece como uma invenção nossa. O trecho seguinte ocorre após a discussão sobre a roda no espaço vazio (quarta questão) e não surge com relação necessária

para a explicação do problema. Parece surgir mais por uma questão de curiosidade (característica marcante no texto do primeiro encontro), possivelmente originada pela divulgação anterior do grupo de discussão, em que dissemos que abordaríamos a questão do espaço.

- 79 **N:** Eu acho que o nada é o infinito. É tudo.
 80 **R:** O nada é o espaço então?
 81 **N:** Não, calma aí, agora você me confundiu.
 82 **V:** Não, o nada é o espaço! Nada é o espaço!
 83 **R:** O nada é o infinito, mas o nada é o espaço também? Ou não?
 84 **N:** Porque o nada não pode ser ocupado por matéria.
 85 **F:** Lógico que pode!
 86 **N:** Não!
 87 **F:** Lógico que pode! Aqui não tem nada, mas tem uma matéria.

Uma das primeiras relações que foram aprendidas durante as discussões é a relação entre espaço e matéria, dentro de uma discussão sobre o espaço absoluto e relativo, que se inicia na linha 147, após uma analogia da relação matéria e espaço com a família e as relações entre as pessoas¹⁷, em que para responder se o espaço é absoluto ou relativo é necessário discutir sobre a relação entre os corpos materiais. Essa discussão não tinha o objetivo de chegar a uma resposta exata, mas sim que através dela os participantes pudessem elaborar argumentos a partir de pressupostos e compreenderem como este é usado dentro de um contexto de mecânica. A tentativa, no primeiro encontro, era a de estabelecer primeiras relações com o conceito de movimento.

Neste primeiro contato, além de termos dado continuidade às discussões que foram iniciadas pelos participantes, como a questão da existência do espaço a partir de 101 (E1), foram introduzidas outras questões que buscavam direcionar o pensamento deles, fazendo um movimento na direção do senso comum para o jogo de linguagem da Física, com o objetivo de estabelecer relações entre os conceitos, como no caso seguinte, entre espaço e movimento:

- 267 **M:** Então, mas sabe porque não é tão simples responder se é uma relação, porque ((pausa)) tá, a gente fala: ah, existe essa coisa, esse negócio aí ((pausa)) independente das pessoas. Só que, quando a gente vai fazer qualquer medida, a gente fala: ah, movimento é mudança no espaço. O espaço, ele não é todo igual? Nessa sua concepção, que vocês acreditam que ele é todo igual, homogêneo ((pausa)) a gente não mede com relação ao espaço. A gente mede com relação aos outros corpos. Porque no espaço não dá pra distinguir.
 268 **F:** Ué, mas o movimento não depende do espaço! A matéria depende do espaço. Matéria ((pausa)) quando você quer fazer o movimento, tem que comparar. (E1)

¹⁷ Analogia extraída de SKLAR (1992)

No trecho citado, na resposta de F, o movimento não tem relação com o espaço. Outras perguntas do mesmo estilo foram feitas durante as discussões, sempre com o objetivo de fazê-los pensar em relações, como a partir das linhas 274, 318 e 558 do primeiro encontro. A questão da existência do espaço sempre retornava à discussão com pouca conexão ao problema do movimento, gerando uma tensão com nossa tentativa constante de levar-lhes a buscar argumentos a partir dos movimentos. Assim, o primeiro encontro é marcado por essa tensão e por primeiras percepções das relações, causadas por perguntas e discussões de caráter filosófico.

Chamou-nos a atenção o surgimento de temas que eles já ouviram falar e que estão no imaginário de muitos estudantes, por serem a parte “curiosa” da Física, tais como buracos negros, buraco de minhoca, cordas, expansão do Universo, relatividade, deformação do espaço-tempo (E1; 286, 446, 468, 475, 549). Os participantes recorriam a tais temas para discutir as características do espaço, para saber se ele existe ou não ou se ele possui um começo, mas em quase nenhum momento recorrem à mecânica clássica, que era a única disciplina que eles haviam estudado mais detalhadamente. Além disso, o conceito de espaço era muitas vezes o mesmo do senso comum, como, por exemplo, o espaço em uma caixa, o “espaço sideral”, o espaço entre dois objetos, ao nada etc (E1; 66, 78 – 84, 386). Por esses fatos, e também pela argumentação antes que lhes fossem conhecidos alguns aspectos normativos de conceitos fundamentais, concluímos que o conceito de espaço absoluto não era conectado à teoria da mecânica clássica, como diz o participante D, ao questionar a necessidade do conceito de espaço absoluto para o conceito de inércia:

- 267 **M:** Mas voltando na questão do princípio da inércia, que é continuar no movimento retilíneo uniforme. Esse movimento retilíneo é em relação a quê?
- 278 **N:** Seria o lance do espaço absoluto?
- 279 **M:** Então, se for com relação ao espaço absoluto, como a gente mede isso? Se o espaço é todo igual. Porque assim, pra fazer uma medida, a gente não compara sempre com uma posição de um outro corpo? Fala assim, ah, lembra aquele exemplo? Eu tava girando em volta do N, ele sabe que eu to girando porque eu to mudando de posição em relação a ele.
- 286 → **D:** Eu não entendi onde você quer chegar. Porque pensa assim ó, que a gente tá aqui no laboratório. Ó, eu corro uma reta. Aqui tá ((Pausa)) é o meu objeto. Ele vai se mover. É que esse é grande, mas imagina um objeto pontual. Que ele vai se mover. Bom, se a régua começar aqui no zero da régua, eu posso usar o zero da régua como meu espaço. Eu não preciso levar em conta o espaço que existe pra cá. O espaço que existe pra lá, o espaço tridimensional. Não. (E2)

Entretanto, algumas pequenas relações começam a fazer parte da argumentação dos participantes já a partir do primeiro encontro. Sobre o mesmo problema, encontramos em outra passagem algumas relações entre espaço, movimento e referencial:

- 335 **F:** Se o D tá aqui com isso aqui. Independente de se você for comparar a minha relação com ele ou com você, a minha relação com ele vai mudar também. Se eu vou me movimentar. Então, não importa o referencial, vai ser sempre com relação ao espaço.
- 336 **N:** É que nesse caso você tá considerando o espaço como o objeto supremo maior que tudo.
- 337 **R:** É, eu acho que não tem um ponto de vista privilegiado assim ((pausa)) um referencial privilegiado.
- 338 **M:** Então, se tiver o espaço ((pausa)) seguindo a ideia dele.
- 339 **F:** Porém, o espaço nesse caso ((pausa)) se você ((pausa)) como você vai analisar você há uma distância do espaço se você tá dentro do espaço? (E1).

Há também relações entre a homogeneidade e infinitude do espaço e a medida dos movimentos em relação a ele, a partir da linha 270 do primeiro encontro. Outros conceitos, como o de referencial privilegiado e de força centrífuga, nos primeiros momentos em que são trazidos para as discussões, também não estão relacionados com a teoria da mecânica clássica, embora se tenha algum conhecimento sobre o cálculo da força centrífuga e sobre sua característica comumente entendida como fictícia.

Também nos chama a atenção que, no primeiro encontro, o conceito de movimento aparece apenas no final, enquanto que o de força e inércia não. A relação que existe espontaneamente é entre tempo e espaço, sobretudo com a questão da duração deste (E1; 111, 302, 393, 396). O aparecimento posterior de outros conceitos ao longo das discussões tem como causa perguntas feitas aos participantes com o objetivo de construir as relações ausentes. Quando os pressupostos não podiam ser construídos a partir da discussão, então estes eram comunicados claramente, como ocorre de modo predominante no E3, com a introdução dos pressupostos da mecânica newtoniana e com o experimento do balde.

No segundo encontro, as discussões foram predominantemente sobre o movimento, sobre os movimentos absolutos e relativos, movimentos inerciais ou não, acelerados e em movimento retilíneo e uniforme. Neste encontro é onde se observa que a fronteira entre o conceito de espaço e a teoria da mecânica newtoniana começa a desfazer-se, com o início de algumas tentativas de buscar referenciais para a medida dos movimentos e relações entre espaço absoluto como referencial para a medida dos movimentos.

O problema de se saber se os movimentos podem ser medidos com relação a qualquer referencial e como explicar o aparecimento da força centrífuga é mais discutido nesse segundo encontro, o que traz relações fortes entre o conceito de referencial e o de força centrífuga. Entretanto, as relações com o conceito de espaço, apesar de mais presentes, são menos intensas que as do movimento. As questões que não fazem parte do jogo de linguagem

da mecânica clássica, como a expansão do Universo ou a relatividade, aparecem com bem menos intensidade, pois os participantes já conhecem algumas relações entre conceitos e também alguns critérios para se pensar o movimento e o espaço dentro da mecânica clássica.

É no segundo encontro quando se inicia a introdução de alguns pressupostos filosóficos da mecânica newtoniana e as discussões deslocam-se da existência do espaço para a explicação da existência de movimentos inerciais e não inerciais, com mais ênfase em velocidades, acelerações e força centrífuga e centrípeta. É neste encontro em que o problema da equivalência entre os movimentos observados de referenciais diferentes é compreendido, abrindo uma oportunidade para relacionar o espaço absoluto como solução a ele. Há um maior número de relações entre os conceitos e de argumentos baseados em pressupostos diferentes e mais próximos ao da mecânica clássica do que aqueles observados no primeiro encontro. No segundo encontro também aparecem reflexões espontâneas sobre o Ensino de Física, surgida devido a percepções dos participantes sobre questões de mecânica que eles não conheciam e que dariam mais sentido às suas aulas.

O terceiro encontro é marcado por mais explicações e sistematizações da teoria da mecânica newtoniana, com leituras de trechos do *Escólio das Definições do Principia* e de discussões das dúvidas sobre os conceitos e relações apresentadas. A questão do espaço e do movimento já aparece intrinsecamente relacionada e não mais separadas da teoria. Há também buscas de alternativas para responder aos problemas que Newton enfrentou, como a busca por referenciais alternativos ao espaço absoluto, revelando que houve uma compreensão destes problemas, mais próxima àquela que seria aceita dentro do jogo de linguagem da mecânica clássica do que aquela apresentada por eles no começo das discussões, pois os argumentos possuem pressupostos pertencentes ao estilo de pensamento da mecânica clássica e não ao senso comum.

É neste terceiro encontro que surgem questões epistemológicas, em que os participantes se interessam em saber como Newton chegou às três leis, como foi a aceitação do espaço absoluto em sua época e como a relatividade conseguiu responder aos problemas da mecânica. Além de surgirem também algumas questões educacionais, sobre como, por exemplo, o debate ocorrido poderia ser realizado no ensino médio. Há também dúvidas sobre as relações entre a teoria e a experiência, sobre como identificar forças, como detectar o movimento absoluto, os referenciais inerciais etcétera.

O maior grau de aproximação entre os conceitos fundamentais da mecânica com a teoria aparece no quarto e último encontro, que teve o caráter mais no treinamento daquilo que foi aprendido nos encontros anteriores. O encontro iniciou-se com o debate sobre se o espaço é absoluto ou relativo, em que os participantes deveriam trazer argumentos a favor de uma ou outra escolha. Este é o encontro mais marcado por críticas e sugestões de novas soluções à mecânica newtoniana. Conforme as críticas dos participantes eram postas, nós abordamos as críticas feitas por Leibniz e Mach. É também o encontro em que há um maior número de relações entre os conceitos, e também onde a distância entre o conceito de espaço e a teoria da mecânica newtoniana é reduzida ao máximo. O conceito de força centrífuga aparece com o mais alto grau de compreensão e de relação mais forte com a mecânica newtoniana. As relações com a experiência também aparecem. Os participantes elaboram propostas e experimentos mentais para imaginar outras soluções para os problemas ou para argumentar a necessidade do espaço absoluto ou relativo.

Nesta seção, não demos exemplos dos discursos presentes nas discussões, com as aproximações que apresentamos, porque elas aparecerão com mais detalhes na próxima seção. Entretanto, tais aproximações podem ser identificadas nas redes conceituais posteriores. A rede conceitual posterior do participante D é um exemplo representativo das aproximações entre os conceitos ocorridas ao longo das discussões:

Figura 9. Rede conceitual do participante D. **Justificativas:** Primeiro: As retas 1 e 6 são equivalentes, no sentido que depende o movimento que eu quero estudar. Tanto faz, então, começar indo para a direita ou para a esquerda. Segundo: A partir de um espaço absoluto, chegamos a um referencial absoluto. Terceiro: Dado um espaço absoluto, um referencial inercial, temos um movimento, mas não um movimento qualquer, um movimento absoluto, o que explica a reta 4. A seta 5, que explica a ausência de força centrífuga vai implicar em um movimento absoluto (14). Agora, se eu me contento com medições relativas, posso ir “direto” para a seta 6: assumindo a existência somente de um espaço relativo, que seria o suficiente e resolver os problemas do meu cotidiano (feitas algumas aproximações). De maneira análoga, portanto, tenho as setas 7 e 8. A seta 10 liga o

pensamento de aparecimento de forças centrífugas através de um referencial não-inercial, logo ele está acelerado em relação ao espaço absoluto, portanto ele sofre forças como a centrífuga. Em paralelo, a seta 14 implica que todos os corpos do universo não são referenciais inerciais (pois eles nunca estarão em repouso perante ao espaço absoluto). A seta 11 nos indica que as forças que aparecem como a centrífuga, são reais, ou seja, podem e devem transformar o corpo (seta 12).

Observando esta rede conceitual e as justificativas das ligações entre os conceitos, percebemos que foi criada uma relação necessária entre o conceito de espaço e referencial, que antes não existia. Além disso, o conceito de espaço ganhou mais complexidade, podendo ser absoluto ou relativo, influenciando assim na existência do referencial e dos movimentos absolutos e relativos. Aparece também a ideia de que a aplicação das teorias físicas em nosso cotidiano é uma aproximação, baseada em uma visão de mundo referente à existência de espaço e movimento absoluto e de uma consciência de que eles não podem ser detectados, como verificamos na justificativa da ligação 6. A força centrífuga aparece também com uma ligação necessária à teoria, para a identificação dos movimentos inerciais e justificada pela aceleração do corpo com relação ao espaço absoluto. Essa identificação existia antes, mas não era justificada e nem conectada à teoria, como apresentamos no início desta análise. É interessante ressaltar que o conhecimento anterior sobre mecânica clássica não foi eliminado, pois a presença dos significados anteriores permanece, mas foi ampliado e ganhou novas ligações de sentido a partir de um pano de fundo antes desconhecido.

É interessante notar também que alguns conceitos mais voltados para a resolução de exercícios, como o de atrito, possuem um peso menor que antes. O jogo de linguagem da mecânica clássica passou a ir além da resolução de exercícios, compondo também uma forma de olhar para o mundo e de concebê-lo a partir de um espaço absoluto. Na rede conceitual de J, podemos identificar que o espaço ganhou mais significados, para além de servir apenas como palavra que identifica uma distância entre dois pontos, além de também consistir em uma relação necessária com a teoria:

Figura 10. Rede conceitual da participante J. **Justificativas:** 1. Certa massa ocupa lugar no espaço. Se o espaço for relativo, a existência da massa causa sua existência – diferente do espaço absoluto que existiria sem a massa. 2. Uma força é imprimida a esta massa, o que causa o aparecimento da força de inércia. 3. Dependendo da força imprimida, pode ocorrer mudança ou conservação de estado. 4. Caso ocorra mudança de estado, a massa pode começar a se movimentar ou modificar um movimento preexistente. 5. Tal movimento pode ser relativo (a massa pode estar em movimento, mas para com relação a um referencial na mesma velocidade) ou absoluto (onde não há referencial a ser comparado); ou seja, mudança absoluta de posição no espaço. P.S: ação – reação. O sentido da seta indica o efeito/consequência.

O conhecimento dos problemas, além de outras capacidades, possibilitou a criação de relações entre os conceitos. Podemos identificar a relação entre espaço e força centrífuga na rede conceitual de V, em que esta aparece com papel central, justificado por ser a origem dos problemas que a teoria da mecânica tratou de responder:

Figura 11. Rede conceitual do participante V. **Justificativas:** Antes eu enxergava a mecânica clássica como totalmente dependente do Espaço, não sei bem dizer o porquê, mas eu via tudo aquilo que a mecânica representa dentro de uma “bolha” e essa “bolha” seria o Espaço. Eu sabia que existia o Espaço, porém, não sabia o que ele era e para o que servia, eu apenas o enxergava como a “bolha”. Após as discussões, percebi que mesmo ainda não sabendo muito bem o que é o Espaço, concluí que ele foi “criado” por um propósito muito importante. Quando digo “criado”, ele não foi criado apenas pelo propósito que tento mostrar no mapa (verso da folha), mas sim reforçado, a ideia sobre o espaço foi reforçada a partir do momento onde não souberam explicar a origem da força centrífuga. Com isso, percebi que tanto o Espaço quanto a força centrífuga são dependentes uma da outra.

O “tempo” está ligado somente ao “Espaço”, pois eu vejo o Espaço como a “bolha” de todo o resto, e ao mesmo tempo, o tempo está em tudo. Mesmo eu ainda vendo o Espaço como algo que encoberta todo o resto, ele, agora, não é mais independente. O restante dos balões não precisa ser explicado. Eles são óbvios do ponto de vista da mecânica clássica. Não existe uma velocidade sem uma aceleração (por mais que seja nula), um termo “cria” o outro.

Nas respostas ao questionário, após as discussões, também é nítida a aproximação entre os conceitos, as novas aplicações e a criação de novas ligações de sentido. Por exemplo:

D: Ao meu ver o conceito de espaço é muito abstrato (por não possuir experimentos físicos que o comprovem). No entanto, tendo como espaço algo que seja absoluto, ou seja, independente da matéria, que sempre existiu e que sempre existirá, infinito, homogêneo, presente em todos os lugares, ou melhor, ele é o lugar. Espaço tornou-se mais do que uma distância entre os corpos. E além, um referencial privilegiado, inercial.

V: O espaço pode significar muitas coisas em vários sentidos. O espaço explicado por Newton pode significar de onde a força centrífuga é originada. O espaço pode mostrar se o movimento é relativo ou absoluto. (Questão 1, posterior)

Nessas respostas, o conceito de espaço passa a ser justificado como parte da teoria, constituindo o referencial para a medida dos movimentos. Se observarmos no apêndice E a sua resposta anterior, veremos que antes, a palavra espaço só se aplicava dentro da Física por meio do conceito de distância. Na segunda questão, em que pedimos exemplos de frases com alguns conceitos, aparece também uma maior variedade de aplicações, mais inseridas no contexto da mecânica clássica:

N: Espaço: relação entre corpos.

F: Movimento relativo: Movimento relativo não recebe forças.

J: Cientistas usam o espaço relativo (ou um pedaço do espaço absoluto) para a formulação de suas teorias.

J: Não consigo imaginar movimentos absolutos em meu dia-a-dia.

V: Os planetas fazem movimentos absolutos?

D: O movimento absoluto só pode ser caracterizado a partir do referencial do espaço.

D: O espaço pode ser considerado relativo se o julgamos como uma distância entre dois corpos.

O: Não sei explicar o movimento relativo no espaço absoluto. (Questão 3, posterior)

Este primeiro olhar para os encontros nos revelou uma diminuição do distanciamento entre os conceitos da mecânica clássica, indicando uma compreensão mais profunda desta teoria. Além disso, os conceitos de espaço e de movimento, principalmente, que antes eram mais parte do sendo comum, passaram a fazer parte da teoria da mecânica e ganharam o caráter de conceito físico, ou seja, podemos dizer que houve a criação de novos conceitos, que permitiram novos usos para as mesmas palavras. É claro que ainda aparecem incompreensões

e ausências de algumas relações entre os conceitos, mas podemos dizer que há um maior grau de compreensão do conceito de espaço e outros conceitos relacionados, além disso, as discussões se tornaram mais próximas do jogo de linguagem da mecânica clássica. Além disso, podemos dizer que não apenas a compreensão é em maior nível, como também que os participantes formaram o conceito de modo a poderem usar as palavras em mais contextos e com mais autonomia, o que antes não existia, ou seja, o conceito de espaço ainda não estava formado antes das discussões.

Essas conclusões nos levam a pensar sobre a concepção de linguagem predominante, mesmo que inconscientemente, nas propostas de ensino e aprendizagem de mecânica. A nosso ver, devido à crença de que a linguagem da Física possui essências, a maioria das propostas tende a considerar uma única definição para os conceitos físicos e também um único uso para as palavras, que geralmente é o tecnicista ou matemático. Por exemplo, o conceito de aceleração é bastante bem definido pela expressão matemática da divisão entre velocidade e tempo. Em que velocidade significa dividir um espaço percorrido pelo tempo decorrido. E em que espaço significa distância. Calcular uma aceleração, observar sua alteração em um gráfico, relacioná-la com a força e com a massa de um corpo, são ações realizadas a partir de definições precisas e que envolvem apenas um significado para as palavras, significado que geralmente é matemático. Podemos dizer que o grau de compreensão da aceleração é alto, pois o estudante é capaz de reconhecê-la em diferentes contextos.

Já os conceitos mais fundamentais, como o de espaço, não são ensinados. O que se ensina em seu lugar é o conceito de distância, e o que se faz é usar a palavra espaço com significado de distância (causando a falsa ideia de que se está a ensiná-lo). O conceito de espaço não é compreendido pelo simples fato de que sua normatividade não se resume à sua relação com a distância entre dois pontos, mas envolve também uma série de outras características e pressupostos que precisam ser aprendidos para a formação deste conceito. Essa falta ocasiona uma distância entre conceitos como espaço e tempo a conceitos como inércia, força e aceleração, pois não se conhece a relação entre eles, presente nas relações expressas nos pressupostos filosóficos da própria teoria.

5.4 NOVAS AÇÕES E SIGNIFICADOS A PARTIR DE PRESSUPOSTOS FILOSÓFICOS

A partir de agora, analisaremos mais detalhadamente as discussões observando quais os pressupostos envolvidos em cada um dos encontros e o quê eles permitiram aos participantes. Procuraremos observar a relação entre os novos pressupostos filosóficos e as ações realizadas com suas falas. Não apresentaremos apenas pressupostos filosóficos, porque eles não estão isolados daqueles de outras origens, como a matemática e empírica. Nosso objetivo é mostrar o poder que o conhecimento das proposições gramaticais filosóficas traz para a mecânica e permitir também, a quem lê esta pesquisa, uma oportunidade de pensar se desejamos ou não proporcionar esse poder aos nossos estudantes. É nítido, como destacamos na seção anterior, o aumento de relações entre os conceitos após discussões de caráter filosófico dentro da mecânica newtoniana. Agora, destacaremos as proposições gramaticais responsáveis por essas relações e também mostraremos que elas trazem consigo algumas capacidades.

Primeiro, vamos analisar, em grupos, as proposições gramaticais prévias que faziam parte do discurso dos participantes e observar que significados e ações elas proporcionavam. Indicaremos ao lado de cada proposição gramatical onde encontrar exemplos de discurso nela fundado através do número da linha e do encontro que podem ser consultados no apêndice E. Em seguida, analisaremos as proposições que passaram a fazer parte do discurso dos participantes a partir das discussões. Para cada grupo procuraremos encontrar trechos dos discursos que o representem. O primeiro grupo de proposições gramaticais, identificado principalmente a partir do primeiro encontro, refere-se ao conceito de espaço:

- O espaço não possui relação com o movimento (268, E1);
- O nada é igual ao espaço (66, 83; E1);
- O espaço é independente da matéria; (70 – 74; E1)
- O espaço pode ser ocupado (102, 169, 173; E1);
- O espaço não pode ser provado (120, 197; E1);

Essas proposições gramaticais possuem algumas características do espaço próximas a do senso comum, o que permitia um campo limitado de argumentações durante as discussões e que não traziam relações com outros conceitos. Identificamos assim um conceito de espaço não pertencente à Física, mas ao senso comum. Este conceito, não físico, justifica a falta de

- Movimento é um objeto com velocidade ou aceleração, independente de referenciais (268, 369, E1);
- Movimento é distância sobre tempo (268, E1; 273, E2);
- Os movimentos podem ter força ou não (271, E1);

Esses pressupostos são aqueles que geralmente são aprendidos nos cursos tradicionais de mecânica para a resolução de exercícios, em que os significados das palavras são matemáticos, como a relação de proporcionalidade entre distância e tempo para o cálculo da velocidade, ou ainda para aqueles exercícios mais tecnicistas, em que se aplica o conhecimento físico em uma situação do cotidiano, como o lançamento de um objeto, ou aqueles chamados “conceituais” em que se pede para identificar forças e trajetórias. Entretanto, esses pressupostos não são suficientes quando se quer justificar a necessidade de se postular referenciais absolutos para a explicação dos movimentos, assim como não são suficientes para estabelecer críticas à própria teoria, uma vez que não são respostas a problemas e não se relacionam com outros pressupostos, impedindo que se possa “mover” um deles a fim de questionar outro. Assim, o que esses pressupostos permitem são dúvidas sobre como aplicar os conceitos ou como descrever movimentos:

- 571 **N:** Quando você tá ((Pausa)) imagina você num navio. Você tá com uma bola na sua mão. Qual o vetor velocidade da bolinha pra você?
- 572 **O:** Zero.
- 573 **M:** É zero.
- 574 **N:** Nulo. Agora imagina o vetor velocidade da bolinha com relação ao mar.
- 576 **N:** Então, com relação ao mar. Aí, tem uma componente ((Pausa)) ele tem um certo ((Pausa)) tipo ((Pausa))
- 577 **F:** Uma componente horizontal.
- 578 **N:** Uma componente x. Quando você dá uma força pra bolinha pra cima, você mexe com a componente x?
- 579 **D:** Não.
- 580 **N:** Você dá uma desaceleração ou uma aceleração na componente x?
- 581 **M:** Não ((Pausa))
- 582 **N:** Não, a aceleração é um vetor ((Pausa)) é um vetor ((Pausa)) o vetor aceleração ele só tem componente y ((Pausa)) to jogando pra cima. Então, a componente x permanece a mesma. Aí você aproxima a resistência do ar pra zero, que é uma ((Inaudível)). (E2)

É evidente que essas proposições podem atuar de outras maneiras nos discursos dos participantes, como veremos mais adiante, mas não isoladas, pois as atuações diferentes da descrição vêm acompanhadas de outras proposições e problemas de caráter filosófico. É importante salientar também a importância do conhecimento dessas proposições de caráter mais matemático para as discussões, pois sem elas, algumas relações não teriam ocorrido,

como, por exemplo, a relação entre força e movimento por meio da aceleração, ou ainda entre espaço e geometria.

Nos discursos, o movimento também poderia ser circular e se relacionava com a força centrífuga e centrípeta, embora essa relação não fosse justificada e essas forças nem sempre diferenciadas. A aceleração era o que diferenciava o referencial inercial do não inercial e não se conhecia o motivo da diferenciação, para além da justificativa de que as leis de Newton não funcionam em referenciais não inerciais. Também não se dizia em relação a qual referencial essa aceleração deveria ocorrer. Em síntese, o terceiro grupo envolve o movimento circular e a força centrífuga da seguinte maneira:

- Não há diferença entre força fictícia e força centrífuga (200 – 206; E2);
- A força centrífuga te faz escapar pela tangente (227, 230, E2);
- A força centrífuga não tem explicação, a não ser a de ocorrer em movimentos circulares, que são medidos com relação a nenhum referencial (172, E2).
- Os movimentos circulares possuem força centrípeta em direção ao centro da trajetória (226, E2);

Tais proposições aparecem como “condições de contorno” para caracterizar os fenômenos e para escolher o referencial (153, E3) e muitas vezes se resume à “tendência de escapar no movimento circular”, mas que não vai mais além da memorização desta afirmação, que às vezes pode ser uma questão presente em exercícios, mas que não é utilizada na maioria das vezes na resolução de exercícios que exigem cálculo. Essas afirmações se justificam tanto pela ausência do conceito de força centrífuga no primeiro encontro, quando abordamos um problema diferente a respeito do movimento circular e de sua relação com o referencial, como na inexistência desse conceito nas redes conceituais prévias, bem como nas respostas ao questionário que, quando aparecia o conceito de força centrífuga, ele sempre era acompanhado pela mesma afirmação memorizada. Além disso, o aparecimento dessa força centrífuga não possui uma explicação e a força centrífuga e centrípeta não são bem compreendidas, como podemos perceber no estilo de dúvida dos participantes:

- 215 **M:** Então explica pra ele. É mais fácil. ((Risos))
 216 **D:** Assim, ó. Você tá num carro e o carro faz a curva, se o carro fizer a curva pra lá, você acha que você ((Pausa)) que você vai pra cá? ((Inaudível))
 217 **N:** Se você tiver com preguiça, o que que você faz?
 218 **M:** Centrífuga. Essa é a centrífuga.
 219 **F:** Então não é centrípeta, é centrífuga. ((Inaudível))
 220 **D:** E não era disso que você tava falando?

- 221 **M:** É.
 222 → **F:** Tava falando da centrífuga ou da centrípeta?
 223 **M:** Das duas.
 224 → **V:** Não, porque ((Pausa)) qual que é a diferença?
 225 **D:** A força centrífuga ela existe porque ((Pausa))
 226 → **F:** A centrípeta te puxa pro centro. A centrífuga te puxa pro lado.
 227 **N:** Pro lado entre aspas, porque você tem que escapar pela tangente.
 228 **F:** É. (E2)

A partir das proposições deste terceiro grupo, os participantes podem perceber se um problema deve ou não considerar a força centrípeta ou centrífuga (algumas vezes confundidas, como na linha 224 do E2), e por isso as classificamos como “condições de contorno”. A nosso ver, esses problemas são aqueles tradicionais, como os de vestibular ou de livros didáticos comumente sugeridos nos cursos universitários, em que se aparece um movimento circular em um problema dinâmico, é preciso lembrar a presença da força centrípeta. Com relação a força centrífuga, é necessário saber apenas que não se pode considerar objeto acelerado como referencial porque ela “aparece”.

Dentro do jogo de linguagem da resolução destes exercícios, não faz sentido saber que, por exemplo, existem movimentos circulares em que não aparecem forças centrífugas ou centrípetas (movimentos aparentes), pois isso nunca será questionado em um exercício. O que leva também a não necessidade de pensar a respeito de qual referencial esse movimento ocorre, já que tais problemas, na maioria das vezes, são elaborados considerando o referencial a um espaço parado no mesmo referencial do estudante. Essas mesmas condições de contorno aparecem nas justificativas para as redes conceituais prévias. Além disso, consideramos uma falta grave no ensino de mecânica, não apenas a incompreensão do conceito de força centrífuga, mesmo que tecnicista, mas também a falta de sua centralidade como parte essencial da teoria, um conceito que constitui a origem de uma série de problemas, como vimos no capítulo anterior e que, inclusive, será alvo das propostas da teoria da relatividade ou deverá ser considerado por qualquer proposta teórica de explicação dos movimentos na natureza. Como é possível compreender a mecânica clássica sem compreender o papel central da força centrífuga na teoria?

O quarto grupo de pressupostos prévios se refere ao conceito de inércia, que se relaciona com o de movimento retilíneo e uniforme ou não acelerado, mas não com a medida desse movimento com relação a um referencial. O conceito de inércia, assim como o de força centrífuga, também é associado a uma afirmação memorizada, não possui um papel central na teoria e não possui relação alguma com o conceito de força centrífuga, que é um tipo de força inercial. As proposições identificadas neste grupo são:

- A diferença entre referenciais inerciais e não-inerciais é que o primeiro não está acelerado e o outro sim (140, 145, 150, 199; E2).
- Qualquer movimento retilíneo é inercial (142, 412, E2);
- O movimento inercial não é uma abstração (184, E2);
- A inércia é uma tendência de permanecer como está e não possui relação com nenhum referencial (139, E2);
- A inércia é uma resistência (134, E2);
- Referencial inercial é aquele que não está acelerado (144, E2);

Este grupo de proposições também pode ser considerado como “condições de contorno” para a resolução de exercícios, uma vez que identifica os movimentos que não possuem aceleração e suas propriedades, e assim é possível saber se é necessário considerar forças externas e acelerações. O não conhecimento do referencial com relação ao qual o movimento inercial ocorre, fundamental para compreender o conceito de inércia, impede que o estudante possa se questionar sobre outros referenciais para medir os movimentos inerciais, restando a memorização do princípio da inércia e a possibilidade de classificação dos movimentos observados em inerciais e não inerciais:

- 139 **V:** A inércia é a tendência de um corpo continuar aquilo que tá fazendo. Se ele tá em repouso ele quer continuar em repouso. Se ele tá em movimento, quer continuar em movimento.
- 140 **N:** Eu acho que só tem um detalhezinho a mais, que tipo ((Pausa)) desse jeito que você explicou parece que tipo ((Pausa)) se ele tiver em um movimento acelerado ele tende a permanecer em um movimento acelerado.
- 141 **M:** É, não é qualquer movimento que ele tenha né?
- 142 **N:** Não é qualquer movimento. É o movimento uniforme ou parado, já era.
- 143 **V:** Ah, sim, entendi. (E2)

Nosso quinto e último grupo de proposições prévias traz as relações entre o conceito de força e massa, indicando que o conhecimento mais presente que se tem a respeito da força é a sua relação com a aceleração através da segunda lei de Newton, mas não se conhece o seu papel na escolha do referencial absoluto e nem a origem das forças inerciais. A força de reação da terceira lei de Newton não possui uma explicação, constituindo um dos fundamentos últimos da teoria da mecânica newtoniana. A relação da massa com a força é também dada pela terceira lei de Newton e não há diferenciação entre massa gravitacional e inercial. A massa também não é entendida como necessária para que o movimento ocorra com uma aceleração finita, apesar de estar relacionada com a segunda lei de Newton matematicamente. Este quinto grupo está formado pelas proposições:

- A força de reação da terceira lei de Newton não tem explicação (787, E2);
- Força se relaciona com a aceleração por causa da segunda lei de Newton (199, E2);
- Massa inercial e massa gravitacional são o mesmo (824, 828, E2);
- Toda força real forma um par ação-reação, pela terceira lei de Newton (787, E2);

Este grupo de proposições se integra aos demais no momento de descrição de fenômenos, por conter regras que dizem quais as características de determinado fenômeno e quais nomes dar a eles. Algumas deduções, relacionadas à identificação dos fenômenos e de suas causas, também foram possíveis a partir dessas proposições fundamentais:

123 **M:** Então tem esses dois e tem a força de inércia. Dois movimentos, que é ou parado ou em movimento retilíneo uniforme, aí vem a questão né, é parado ou movimento retilíneo uniforme com relação a que? A gente já vai responder. E quando você tenta tirar um corpo do estado de inércia dele, do movimento de inércia, movimento inercial ou movimento natural, você precisa fazer uma força nele. E ele vai te responder com uma força de inércia, a força de inércia é uma força que surge porque você tá tentando tirar um corpo da inércia.

124 **R:** É uma força de reação então. (E3)

Os pressupostos estudados até o momento, prévios às discussões, eram compostos principalmente pelas três leis de Newton, fim da cadeia de razões, e por algumas proposições que relacionam alguns dos conceitos, além de pressupostos retirados do senso comum. Observamos que, embora alguns conceitos não sejam compreendidos ou o sejam em um grau muito pequeno, alguns atos de fala podiam ser realizados, como a descrição, dedução, explicação e classificação de fenômenos naturais.

Observaremos a partir de agora, quês tipos de atos de fala são possíveis quando os pressupostos filosóficos da mecânica passam a fazer parte do jogo de linguagem da mecânica newtoniana. Com o desenvolvimento das discussões, alguns pressupostos prévios foram alterados, outros permaneceram e outros foram acrescentados. Já não conseguimos separar em grupos de pressupostos, como fizemos para os pressupostos prévios, pois foram criadas muitas relações entre eles, formando de fato um “ninho” de pressupostos emaranhados, que aumentava a quantidade de “fios” conforme o desenvolvimento das discussões. Assim, observaremos os pressupostos que passaram a compor o discurso dos participantes a partir de cada encontro e depois o que eles proporcionaram no mesmo encontro ou nos seguintes. No primeiro encontro, poucos pressupostos foram alterados ou acrescentados. São eles:

- O movimento de um corpo só pode ser observado quando comparado com outro corpo (31, 36, 38, 570, E1);

- Os movimentos podem ser absolutos ou relativos, mas não entendemos o que é ser relativo (28, 413, 553, 563, E1);
- O movimento absoluto é aquele que é o mesmo quando observado de qualquer referencial (28, 538, E1);
- O espaço é diferente do nada (348, E1).

Essas proposições gramaticais passaram a fazer parte dos argumentos, mas ainda timidamente e com um grau mínimo de compreensão. As ações realizadas pelos participantes a partir das novas proposições mostraram um aumento na capacidade de argumentação física na questão do movimento e da existência do espaço, que aos poucos acrescentava o problema da medida dos movimentos nas discussões, assim como algumas características do espaço e sua relação com o movimento, como a homogeneidade e a possibilidade de medir o movimento com relação a ele. Não podemos dizer ainda que o jogo de linguagem ocorrido no primeiro encontro foi totalmente o da mecânica newtoniana, mas que em alguns momentos houve aproximações, principalmente no estilo das argumentações. Por exemplo, ao se darem conta de que em mecânica, só podemos medir um movimento real com relação a algum referencial:

568	M:	Vamos considerar por enquanto o espaço infinito. Não tem o fora dele. Tá ((pausa)) mas se for se movimentando no nada, como pode isso? Não tem nem uma propriedade geométrica ((pausa)) como que a gente consegue pensar isso?
569	F:	O espaço ((pausa))
570	→ O:	Eu não consigo pensar num movimento absoluto porque pra você saber se uma coisa tá em movimento ou não você precisa comparar ele com alguma coisa. Todo movimento é relativo. (E1)

A partir da verificação, no primeiro encontro, da distância entre o conceito de espaço e o de movimento, como apontamos na seção anterior, o encontro seguinte priorizou discussões sobre o movimento, na tentativa de chegar à necessidade do espaço para a sua explicação. A partir da discussão sobre a existência de movimentos verdadeiros, as seguintes proposições passaram a fazer parte do discurso:

- Podemos escolher ou não referenciais privilegiados (631, 642, E2);
- A mecânica newtoniana precisa explicar os movimentos inerciais e não-inerciais (616 – 631, E2);
- Os movimentos são equivalentes cinematicamente (616-630, E2);
- Os movimentos não são equivalentes dinamicamente (616-630, E2);

- O movimento absoluto é o movimento verdadeiro medido com relação a um referencial privilegiado (668, E2);
- O referencial privilegiado na mecânica newtoniana é o espaço absoluto. (278, E2; 575, E3);
- O movimento inercial ocorre com relação ao espaço absoluto (417, E2; 139, E3);
- Identificamos movimentos absolutos por forças (668, E2);
- É necessário um referencial privilegiado se eu acreditar que há movimentos verdadeiros (642, E2);
- É possível pensar em movimentos absolutos e relativos (818, E2);
- O movimento é mudança de lugar no espaço e mudança de distância com relação a outro corpo (818, E2);
- Não podemos medir o movimento retilíneo com relação ao espaço (439, E3);
- O movimento inercial é abstrato (414, 500, E3);
- A relação com a experiência ocorre por aproximações;
- Existem sentidos para se falar em espaço e movimento absolutos ou relativos (642, 658, 662, E2);
- Massa gravitacional é diferente de massa inercial (863, E2; Questão 5, frase 14).

Nestes pressupostos observamos uma aproximação maior entre o conceito de espaço e o de movimento, embora menor que no encontro seguinte. Essa aproximação se deu pelo aprendizado de pressupostos que relacionavam esses dois conceitos, bem como com os de referencial privilegiado, movimento inercial e não-inercial. O conceito que permaneceu distante dos demais foi o de massa gravitacional e inercial, ocasionado pela falta de discussões sobre o tema, que não havia sido previsto com detalhe no planejamento. O compartilhamento dessas novas proposições proporcionou, além de fundamentos para argumentações, a elaboração de hipóteses em busca de soluções para o problema da equivalência dos movimentos e da busca de um referencial privilegiado para a medida do movimento absoluto:

- 331 **M:** É, acho que ele entendeu diferente do que você tá falando.
 332 **D:** Não, eu não tinha falado isso. Eu tinha falado assim, o zero ((Pausa)) não um zero do Universo assim, mas um zero que não dependa do referencial. O zero pode ser, pegando a régua, é ((Pausa))

- 333 **N:** Um zero relativo.
 334 → **D:** Não. Zero relativo a gente tem, a gente quer o zero absoluto.
 335 **F:** Pra mim o zero absoluto é esse!
 336 → **N:** Pra mim o zero absoluto seria ((Pausa)) eu também concordo. Porque é como se você voltasse a fita do Universo. Pega uma fita mística que vê o Universo de ((Pausa)) que mede a história do Universo. E ele tá crescendo, então se você parar e voltar a fita, ele volta ((Pausa)) (E2)

Outro tipo de ação que aparece nas discussões são refutações e ao que era ensinado durante as discussões. No caso seguinte, um dos participantes questiona a ideia de que o movimento inercial poderia ser medido apenas com relação ao espaço absoluto:

- 442 **M:** Ele (Newton) vai falar que dá pra definir com relação ao espaço. Porque aí sim, o espaço ele tá sempre imóvel ali, então, você pode definir o movimento com relação a ele. O problema é detectar.
 443 → **D:** Newton fala que o movimento pode ser em linha reta em relação ao espaço, mas não em relação a outro corpo?
 444 **M:** É, esse inercial, sabe, que não tem nenhuma força.
 445 **D:** Não, mas veja ((Pausa))
 446 **N:** Ele não pode ser absolutamente reto. Foi isso que ((Pausa))
 447 **D:** Não, não ((Pausa)) eu ((Pausa)) calma, não to entendendo.
 425 **F:** Qual que é a necessidade de ser reto?
 426 **D:** Ham?
 427 **F:** Assim, eu vou fugir um pouco do seu ((Inaudível)).
 428 **D:** Não, então deixa eu acabar meu raciocínio antes de você viajar.
 429 ((Risos))
 430 **F:** É que assim ((Pausa))((Inaudível)).
 431 → **D:** Eu to pensando assim. Newton falou que o espaço ele pode ser reto se comparado ao ((Pausa)) a trajetória pode ser retilínea se for comparada ao espaço, mas não se for comparada a outro corpo. Foi o que Newton falou.
 432 **M:** Uhum.
 433 → **D:** Mas, por exemplo, se eu pegar uma ((Pausa)) fazer uma coisa assim ó, jogar ele numa trajetória retilínea, você, um outro corpo, vai ver que foi em linha reta.
 433 **M:** Mas se eu for um corpo que tiver aí nesse seu ((Pausa)) nessa tampa, eu vou tá parado.
 434 → **D:** Não, mas se você ((Pausa)) tudo bem, mas se você for um corpo que não está na tampa você vai ver em linha reta.
 435 **M:** Mas se eu estiver girando não.
 437 **M:** Se eu tiver girando assim ó, eu vou pensar que essa tampa tá girando pra lá.
 441 → **D:** E se for o corpo parado?
 442 **M:** Parado com relação a quê? Essa é a questão.
 443 **D:** À tampa.
 444 **M:** Se eu to parado com relação a tampa então não vou ver ela se mexendo.
 445 **O:** ((Risos))
 446 **D:** Aaaah. (E2)

Há também o reconhecimento de fundamentos diferentes para as teorias, através de uma compreensão de qual é o jogo de linguagem a partir do qual se fala, o que não ocorria nas primeiras discussões. O exemplo seguinte ocorre após uma discussão que faz alguns

comentários sobre relatividade, mas em seguida o participante N traz a discussão de volta para a mecânica newtoniana:

- 526 **N:** Porque se você pensar assim, tipo, por exemplo, ah, tem um movimento aqui na Terra, que a gente sabe que não é inercial porque tem força agindo sobre ele, independente. Tipo, por exemplo, Plutão, foi provado que seja quaisquer dois corpos existe uma força entre eles. Então, já daí nasce a ((Pausa))
- 527 **M:** Ah, só uma coisa, força é só uma explicação. Porque o Einstein vai dar outra explicação que não precisa de força.
- 528 → **N:** É, to falando newto.. newtonianamente ((Risos)). (E2)

Algumas deduções foram feitas, como a de que a relação da teoria com a experiência é aproximada, já que o movimento inercial, por exemplo, é uma abstração que não pode ser facilmente detectado. Os participantes também estabeleciam condições para que Newton pudesse responder ao problema, principalmente após saberem que o movimento não pode ser detectado com medidas em relação ao espaço diretamente, por sua homogeneidade. O seguinte comentário mostra uma reflexão sobre a metodologia newtoniana, após o participante N perceber que o movimento inercial se trata de uma abstração:

- 538 **N:** Se, tipo, se tem uma força agindo nesses dois corpos, indiferente do lugar onde eles estejam. Mesmo que esse esteja aqui e esse esteja lá em Plutão, vai ter uma força. Então não é possível que exista um movimento completamente inercial nesse outro corpo. Só que, tipo, a força que esse daqui tá fazendo quando ele tá lá em Plutão, é muito muito muito pequena. Então você pode aproximar o movimento desse corpo num movimento inercial. É acho que é assim que encaixa as teorias do Newton. Elas são tipo, aproximações muito bem feitas, sabe? A arte da aproximação.
- 539 **M:** É, no fundo no fundo não existe, mas aproximando ((Pausa))
- 540 **N:** Aproximando é como se existisse. (E2)

O tipo de dúvida que surge a partir dos novos pressupostos é diferente de quando estes não faziam parte do discurso. Agora, a dúvida não é mais sobre como, por exemplo, uma lei se aplica a um determinado movimento, e também não é a dúvida sinônima de não conhecimento. Trata-se de uma dúvida que se fundamenta em pressupostos pertencentes ao jogo de linguagem da mecânica newtoniana. O exemplo seguinte traz uma dúvida baseada na busca de diferenciação entre movimentos, identificando um deles como verdadeiro:

- 642 **D:** Eu entendi tudo, aí você coloca a pessoa e começa a frear o trem. Quando começa a frear o trem, a pessoa vai sentir uma tendência de um movimento pra um lado, vamos supor que a gelatina vai se mexer. Você respondeu que a pessoa tá sentindo isso porque aparece uma força. E a gelatina do lado de fora, como não sente força, ela não tende a se mover. Por isso, o verdadeiro referencial é esse aqui.
- 643 **M:** É assim que Newton responde.
- 644 **D:** Isso. Agora é minha dúvida. Tava introduzindo essa ((Pausa)) a minha dúvida é: a gelatina tá aqui. Se quando o trem começou a frear, eu fui pra frente, eu, quando olhar a gelatina, eu vou achar ((Pausa)) eu não vou achar que a força tá em mim, vou achar que a força tá na gelatina. Eu vou ver ela se deformar. Ou não? (E2).

Hipóteses e dúvidas também foram elaboradas antes do compartilhamento das proposições, entretanto, as hipóteses não eram criações de autoria completa dos participantes, mas sim repetições de frases que eles haviam escutado em outras situações, que eles sabiam que fazem parte da comunidade da Física, mas não sabiam os motivos. Já as dúvidas eram baseadas em pressupostos não pertencentes à Física, naturais a quem está aprendendo a pensar a partir de outro jogo de linguagem. Após o conhecimento de algumas das proposições do pensamento mecânico, as argumentações são baseadas nelas e não mais na “mitologia” que eles utilizavam no início das discussões. Alguns pensamentos relacionados ao Ensino de Física também tomaram parte das discussões, quando os participantes pensaram que poderia ser interessante ensinar o que eles haviam aprendido nesse segundo encontro. Essas novas capacidades também apareceram na resposta ao questionário após as discussões, principalmente na quinta questão, em que eles deveriam explicar algumas frases pertencentes à mecânica newtoniana. Tomemos como exemplo a explicação da seguinte frase desta questão: “É impossível imaginar uma experiência capaz de demonstrar que um objeto ocupa uma posição x ao invés da posição y no espaço”:

O: Sim, pois considerando o espaço como absoluto, ele é imutável em toda a sua extensão.

D: ‘Espaço’ como espaço vazio, referencial absoluto.

V: Sim, pois não há como se referenciar no espaço, a não ser que haja referenciais nesse espaço, porém, se houver o referencial, o referencial será o objeto e não o espaço.

J: A frase acima só estará correta se não existir nenhum referencial próximo ao objeto, no qual poderíamos buscar seu movimento relativo. É usado o conceito de espaço absoluto. (Questão 5, posterior, frase 2)

A capacidade de argumentação é ainda mais nítida quando levamos em consideração que no questionário anterior, essa mesma frase (assim como as demais) era explicada com bem menos argumentos e nem sempre era compreendida, obtendo respostas como “Não entendi a frase” (Participante O), “O espaço novamente é um lugar onde se aplicam as leis da Física” (Participante N) ou “Ponto em algum lugar” (Participante V).

O terceiro encontro que, como já mencionamos, foi de caráter mais de apresentação aos pressupostos, ocorrido após a compreensão dos problemas envolvidos na mecânica newtoniana, contribuiu para que os participantes acrescentassem as seguintes proposições gramaticais:

- Movimento relativo é mudança de lugar no espaço relativo (a um corpo) (141, E3);

- A força fictícia aparece em referenciais não-inerciais e é um efeito aparente (153, 197, 226, 657, E3);
- Os movimentos absolutos são identificados por forças centrífugas (530, 536, 552, 588, E3; Questão 5, frase 8);
- A força centrífuga é uma força inercial (265, E3; Questão 5, frase 10);
- A força centrífuga é um efeito do movimento acelerado (530, E3; 110, E4; Questão 5, frase 11);
- Tempo absoluto é diferente de tempo relativo (337, E3);
- Corpos parados ou em movimento retilíneo em relação ao espaço servem como referenciais inerciais (397, 597, 604, E3);
- A força centrífuga deforma o corpo (50, 209, 240, 250, 427, E3);
- O espaço absoluto é necessário para a explicação dos movimentos (536, 569, 575, 589, 601, 603, E3; 314, 321, 338, E4);

O conhecimento sobre os problemas que a mecânica newtoniana responde, permitiu que os participantes fizessem propostas de respostas diferentes às mesmas questões, bem como se questionarem como outras teorias da Física lidam com elas (319, E3). Além disso, a questão da força centrífuga e a necessidade de sua explicação, também possibilitou que fossem elaboradas questões baseadas nessa condição, aproximando ainda mais a argumentação do jogo de linguagem da mecânica newtoniana. Um exemplo de formulação de hipóteses, na tentativa de encontrar o referencial absoluto:

- 69 **V:** É que eu penso assim, eu tava pensando, se o Universo expande, esse lugar onde as coisas estão também expande, eu não poderia tomar como ponto de referencial? (E2)

Outro exemplo de hipótese, a respeito da detecção do espaço absoluto:

- 356 **N:** Se você tirar toda a matéria, tipo ((Pausa)) porque dá pra fazer isso. É tipo criar um vácuo, certo? Da pra provar que ele é independente da matéria? Porque ali pode ser ocupado novamente.
- 357 **M:** Como você vai provar se você tirou tudo?
- 358 **N:** Porque pode ser ocupado novamente.
- 359 **M:** Mas você não vai tá mais lá. Se você tirar tudo, você tem que tirar você também.
- 360 **D:** Não, ele quis dizer tipo em laboratório. Não foi? Uma caixinha.
- 361 **N:** É, um copo. Aí você tira tudo o que tem dentro dele. Cria um vácuo. Certo? Você pode reocupar o copo. O espaço continua existindo. (E3)

Algumas deduções também aparecem, com argumentações mais complexas que antes, como no caso seguinte, em que se discute a possibilidade de detectar movimentos absolutos ao buscar referenciais materiais que estejam em movimento retilíneo ou imóvel e uniforme em relação ao espaço:

- 391 **N:** Você falou que, por exemplo, eu e a J, a J tá parada em relação a mim, certo? Só que em relação ao Sol, ela tá se movendo. Então, relativo a mim ela tá parada, que é o movimento relativo. Só que absoluto, que é em relação ao Sol vai ((Pausa))
- 392 **M:** O absoluto seria ao espaço.
- 393 **D:** Com relação ao espaço.
- 394 **M:** Ao espaço.
- 395 **N:** É, então.
- 396 **M:** Aí, se o Sol tiver parado com relação ao espaço aí eu posso fazer em relação ao Sol, que aí vai dar certo. Até deve.
- 397 **N:** É, então, foi isso que eu queria colocar, é que era a próxima coisa que eu ia falar. Finge que o Sol tá parado em relação a mim. (E2)

Neste exemplo, o que guia o discurso do participante V é a busca pelo referencial privilegiado para a medida dos movimentos. Outra dedução que se relaciona com o conhecimento dos problemas é: “mas, esse espaço é uma suposição nossa, não é?”(Participante V, 346, E3). Essa pergunta ocorre após a participação do experimento do balde de Newton, em que há discussões sobre como explicar o referencial com relação ao qual os movimentos ocorrem, momento em que se compreende que o conceito de espaço é uma das opções que respondem a esse questionamento.

Além da formulação de hipóteses, encontramos também novas condições de contorno, estabelecidas a partir da ideia de que uma lei física precisa explicar os fenômenos simetricamente, como neste exemplo em que o participante N encontra um argumento que corrobora com a resposta de Newton para a escolha do espaço absoluto como referencial, e não outro corpo:

- 536 **N:** Sem contar que se você posicionasse o corpo, o seu balde, em outro lugar. Tipo, você tá fazendo o experimento aqui e você coloca o seu experimento muito mais longe, ele vai tá em posições diferentes em relação aos planetas. A força dos planetas sobre o seu experimento vai ser diferente nos dois casos e então você observaria fenômenos diferentes.

As dúvidas sobre a posição dos corpos são constantes no terceiro encontro, e aumentam no último. Estas são fundadas num compartilhamento do problema para a escolha do espaço absoluto, que permite a imaginação de outras possibilidades de resposta, que eram justificadas com argumentos muito parecidos com aqueles que observamos dentro do jogo de linguagem de mecânica:

- 589 **D:** Se esse espaço é o referencial ((Pausa)) ó a pergunta: o espaço aqui que a gente tá, ó, vamos supor que o espaço está vendo o balde, do ponto de vista do espaço, ele consegue descrever se é absoluto ou não, tipo, o espaço, ele dá a última palavra porque ele é ((Pausa))
- 590 **M:** Ele tá parado ((Pausa))
- 591 **D:** Então, o que ele falar é a verdade. Agora, se eu to no espaço, eu não vou ter a mesma visão que o espaço tem?
- 592 **M:** Sim.
- 593 **D:** E a minha opinião então seria verdadeira.
- 594 **M:** Sim, mas aí ((Pausa))
- 595 **D:** Mas aí eu posso ser um corpo.
- 596 **M:** Sim, mas aí você tem que saber que você tá parado com relação ao espaço. Aí no fundo a causa é o espaço sabe, vai ter que saber com relação ao espaço qual é o seu movimento, de qualquer forma.
- 597 **D:** Então qualquer corpo que estiver, que esteja parado em relação ao espaço é um referencial absoluto também. (E3)

A partir dessas tentativas de encontrar respostas aos problemas da mecânica, os pressupostos newtonianos eram compreendidos, uma vez que eram justificados por uma mesma imagem de mundo:

- 601 **D:** O referencial inercial consegue medir os movimentos verdadeiros de fato porque ele é, ele tá em repouso em relação ao espaço. E o espaço consegue medir. Logo, o referencial consegue medir também.
- 602 **N:** ((Inaudível)) consegue medir tanto ao espaço absoluto.
- 603 **M:** Isso, só que não é ele que consegue medir ((Pausa)) fala de novo N.
- 604 **N:** É, porque, os referenciais inerciais, eles estão parados ou em movimento retilíneo uniforme com relação ao espaço absoluto. Então, se você medisse, fizesse uma medição do espaço, da variação do espaço, com relação ao espaço absoluto, ou com relação a um desses referenciais inerciais, daria o mesmo resultado.
- 605 **V:** O Newton, ele falou de algum referencial inercial em relação ao espaço? (E3)

Esta citação traz o momento em que os participantes conseguem justificar como são feitas as medidas dos movimentos absolutos, mesmo que o espaço não possa ser detectado. Essa compreensão levou à outra, que é a da abstração que o conceito de inércia traz, já que não há corpos em estado de inércia na natureza. Surgem também discussões a respeito das aulas a serem dadas no ensino médio:

- 707 **R:** Super dá pra falar disso no ensino médio.
- 708 **M:** Dá ((Pausa))
- 709 **O:** E eu acho que é o que mais vale a pena. Melhor do que ficar jogando uma porrada de equação na lousa.
- 710 **R:** É ((Pausa))
- 711 **V:** Acho que é mais excitante falar isso do que ((Pausa)) deve ser mais excitante pra gente, professor, falar isso aí ((Pausa)) e ser mais motivador pro aluno ir pra exatas, ou ir pra Física.

712 **O:** Eu principalmente acho que deveria ter uma visão melhor da coisa, sistematizado. (E3)

A nosso ver, o surgimento de questões relacionadas ao ensino na escola básica decorre de inquietações que os participantes já possuíam ao escolherem a carreira de professor e que, muitas vezes, durante a graduação, os desanima pela falta de significado que as teorias possuem para eles próprios. Quando eles se deram conta de que, por exemplo, a lei da inércia era a resposta a uma questão, que dá novos sentidos para a mecânica newtoniana, então eles sentiram vontade de pensar uma abordagem como essa no ensino médio.

No quarto encontro não foram acrescentadas novas proposições, mas foi o momento em que encontramos o maior número de críticas ao sistema newtoniano, bem como hipóteses, explicações, deduções e ideias sobre a construção do conhecimento, sobre Ensino de Física e maior número de relações entre os conceitos da mecânica clássica. Um exemplo bastante esclarecedor, do participante O ao ser perguntado sobre qual argumento ele daria para fundamentar a necessidade do espaço absoluto, traz justificativas muito mais próximas daquelas que seriam aceitas dentro do jogo de linguagem da mecânica:

93 → **O:** Eu acho que foi o referencial, pra ele conseguir descrever o movimento. Um referencial, porque se você for medir o movimento com relação a um outro corpo, você pode ter o mesmo movimento, mas não observar o mesmo, que é o caso do balde, já que você precisa ((Pausa)) já que então pra você medir com o outro corpo, você precisa de uma coisa que continue a mesma independente de onde você esteja. Daí ele pegou e falou assim: ah, vou chamar essa coisa que precisamos, não sei se existe, chamar isso de espaço. Absoluto. Então vamos medir o movimento com relação a isso, uma coisa “onipotente” ((Risos)). (E4).

94 **M:** O que que vocês acham?

95 ((Inaudível))

96 **D:** Se o espaço é relativo, medições ((Pausa))

97 → **N:** A mesma medição feita em lugares diferentes vai dar valores diferentes.

98 → **D:** ((Inaudível)). Não podia ser ((Pausa)) não pode ser!

O conhecimento de que a mecânica deve explicar a existência dos movimentos não-inerciais na natureza, possibilitou, por exemplo, que se duvidasse de novas propostas que excluam o espaço absoluto como referencial privilegiado: “então, mas, então, eles fazendo isso, como que eles provaram a força centrífuga?” (139, E4). Dúvidas sobre a construção da mecânica newtoniana, que não eram esperadas, também foram formuladas, como na linha 165 do encontro 4, em que um dos participantes se questiona sobre a aceitação da teoria na época de Newton.

Podemos observar uma mudança no tipo de argumentação porque o mesmo tipo de pergunta que seria respondida com uma afirmação como “claro que sim”, passa a ser

respondida com justificativas nos pressupostos aprendidos, mesmo quando a resposta é um “não sei”:

- 208 **N:** Porque quando você tá, que tipo, seria uma coisa do ((Inaudível)). É ((Pausa)) porque ele ((Pausa)) quando tá em movimento circular uniforme, qual dos dois é o absoluto? É aquele que sente força, certo? Aí no caso, tipo, tem esse movimento ((Pausa)) vai, tem eu girando em volta de você. O movimento absoluto seria aquele que, dentre nós dois, que estará sentindo força de inércia. Agora, no seu referencial, quem tá girando? Eu. E no meu referencial? Você. Agora, beleza, dá pra provar quem pode fazer o movimento absoluto. Mas aí você quer saber quem, tipo, quando tem um movimento retilíneo uniforme. Qual de nós dois está em movimento de verdade? Então, porque no meu referencial.
- 209 **M:** Eu eu vou tá em movimento.
- 210 **N:** Você tá em movimento. Ai meu Deus, se você vai tá em movimento eu também vou tá em movimento. Eu não sei. (E4)

As hipóteses, elaboradas a partir do conhecimento das perguntas que originaram as investigações na mecânica newtoniana, aparece fundamentada nesses problemas e nas novas proposições aprendidas, aquelas que relacionam espaço e movimento:

- 194 **V:** É ((Pausa)) já chegaram a pensar o contrário, na verdade, em vez de os objetos se movendo em relação ao espaço, o espaço se movendo em relação aos objetos?
- [...]
- 367 **M:** Que é assim, você tem com relação aos corpos que você vai testando no Universo, você não consegue explicar, certo? Que foi lá o que a gente fez no balde. Mas aí, existe uma saída, pra você não explicar com relação ao espaço.
- 368 **O:** Seria com relação a, tipo, sei lá, ao Universo? ((Risos))
- 369 **M:** Ao Universo inteiro. Foi o que Mach pensou. (E4)

O aprendizado dos novos pressupostos também possibilitou a crítica, a partir de argumentos fundados neles. Um exemplo aparece durante uma discussão sobre a equivalência dos movimentos, em que se discute a equivalência cinemática e dinâmica e um dos participantes argumenta contra a impossibilidade de se medir movimentos diretamente em relação ao espaço:

- 312 → **N:** É que sei lá, por exemplo, dinamicamente ((Pausa)) você tá falando que cinematicamente é possível. Tá. Vai, tem esse copo e esse copo se movimentando ((Pausa)) aí ((Pausa)) não importa o referencial, eu estou usando esse copo no caso. Esse copo pode tá acelerado. Mesmo assim, esse copo, dá pra prever o movimento dele.
- 313 **M:** É, ele vai ((Pausa))
- 314 **N:** Mas, então, quando você faz os cálculos você considera esse aqui acelerado, e acelerado é em relação a quê? Ao espaço absoluto.
- 315 **M:** Cinematicamente falando posso considerar que ((Pausa))
- 316 **N:** Os dois estão acelerados.
- 317 **M:** Ah, então vai tá parado. Eu só vou saber que tá parado.
- 318 → **N:** Não, eu não to falando que eles tem a mesma aceleração.
- 319 **M:** Ah, ((Inaudível)), mas sempre quando eu vou medir é com relação ao outro.
- 320 → **N:** Então, mas aí é com relação ao outro e o outro já está com uma velocidade. E essa velocidade é com relação ao quê?
- 321 **R:** Ao espaço absoluto.

322 **J:** Não! Não dá ((Pausa)) (E4)

Após ouvirem sobre algumas ideias elaboradas por Leibniz para explicar o movimento, os participantes puderam argumentar e fazer críticas com relação a elas, possibilitadas pelo conhecimento das relações entre espaço e movimento:

273 **N:** Por que que o movimento pra ele é absoluto, mas o espaço é relativo?

274 **M:** Ah, é absoluto no sentido de que existe uma diferença, ele não é medido com relação a qualquer referencial.

275 **R:** É medido com relação ao referencial do espaço absoluto?

276 **M:** Então, pode ((Pausa))

277 **N:** Mas, não existe o espaço absoluto pra ele.

Os participantes também fizeram discussões sobre as críticas de Ernst Mach à mecânica newtoniana, com dúvidas e hipóteses que demonstravam estar fundadas nos problemas relacionados à explicação do aparecimento da força centrífuga nos movimentos:

492 **D:** Hum, mas se o Universo acelerar em relação à água aparece a força centrífuga?

493 **M:** Sim, porque se você tiver no referencial de todo o Universo, você não vai ver a água acelerando?

494 **D:** Sim, vou ver a água acelerando. (E4)

Uma crítica interessante aparece a partir de uma breve discussão sobre um experimento de relatividade geral, o Gravity Probe B, em que após o participante N ouvir sobre o resultado deste experimento, critica as deduções feitas a partir deles:

505 **M:** É. Aí eles colocaram um giroscópio em volta da Terra e tentaram medir se a Terra girando fazia uma força no giroscópio. Sabe, vocês percebem que é parecido?

506 **D:** Uhum ((Pausa))

507 **M:** A girar o resto do Universo? É girar uma massa grande ou então é como se eu pegasse o balde e fizesse ele bem grande assim, a borda dele ((Pausa))ele é bem gordo. E ver se o fato de ele girar provoca uma força na água. É o que o Mach tenta explicar, que essa força aparece por causa dos outros corpos. Se tiver menos corpos no Universo, tem menos força. E aí, deu certo o experimento, apareceu a força no giroscópio. E aí eles estão discutindo isso ainda. Mas é uma ((Pausa))

508 → **N:** Mas como que você sabe que foi o negócio que fez?

509 **M:** Porque a teoria da relatividade ((Pausa))

510 → **N:** Como é que você sabe que foi a Terra que fez a força no giroscópio e não alguma coisa? Alguma outra coisa? Podia ser o espaço.

É evidente que após as discussões ainda ficaram muitas questões em aberto e também ainda restaram muitas incompreensões, entretanto, é nítida também a aproximação, no decorrer das discussões, do jogo de linguagem da mecânica clássica, assim como o poder que o pensamento filosófico traz para o pensamento físico. Com ele, os participantes puderam realizar atos de fala que trazem mais autonomia para o estudante, como o de elaborar hipóteses, fazer críticas à teoria ou às ideias apresentadas pelos demais participantes, duvidar, estabelecer condições de contorno, entre outros. As proposições filosóficas proporcionaram

mais ligações de sentido entre os conceitos, uma maior compreensão deles e consequentemente, novos usos.

Queremos ressaltar que elaborar hipóteses, refutações, críticas etc, de caráter físico, são considerados aqui atividades que ocorrem fundamentadas em pressupostos pertencentes à Física, e não do modo como geralmente se entende, como se criticar por exemplo fosse o simples ato de estar contra uma ideia ou elaborar hipótese fosse apenas o ato de inventar uma resposta a partir de nenhum argumento ou a partir de repetições de ideias alheias. Por isso, estes resultados nos permitem pensar também que, quando desejamos ensinar habilidades físicas para os nossos alunos, devemos considerar quais são os fundamentos físicos necessários, bem como no nível de compreensão exigido para alcançar esse fim.

6. CONCLUSÕES: “A GENTE PASSA A TENTAR RESPONDER PERGUNTAS COM A CIÊNCIA, TÁ LIGADO”¹⁸?

Em geral, durante a vida universitária, não nos são apresentados os antecedentes que levaram à formulação das teorias científicas - conhecemos apenas seus "efeitos práticos". Por isso é muito interessante debater, formular ideias, "filosofar". Desta forma entramos em contato com o verdadeiro espírito científico - que, no oceano de cálculos e gráficos de nossa graduação, dificilmente conseguimos ver. (J, participante desta pesquisa)

Nossa investigação consistia em buscar a necessidade da Filosofia para a compreensão dos conceitos físicos, partindo das pesquisas que tinham como proposta a inserção de História e Filosofia da Ciência como estratégias para tal compreensão. Ao mostrar, na introdução deste trabalho, que a Filosofia estava sendo inserida para proporcionar o mesmo tipo de compreensão do que quando essa estratégia não era utilizada, nos perguntamos se ela não poderia ter um papel mais necessário no ensino e aprendizagem da Física.

Ao estudarmos as relações entre Física e Filosofia, apresentamos que há uma relação constitutiva entre esses dois modos de pensar, pois o jogo de linguagem da Física possui intersecções com o jogo de linguagem da Filosofia, uma vez que há proposições normativas desses dois jogos que se confundem. O pensamento filosófico não pode ser excluído do pensamento físico e constitui parte de sua gramática profunda, uma vez que a Filosofia aparece na Física não apenas em momentos de revolução, em que ocorre uma análise dos fundamentos de uma teoria e sua crítica, mas também na significação, na ligação entre o formalismo matemático e o mundo empírico. Embora existam alguns jogos de linguagem em que a gramática profunda da Física não apareça, estes também estão assentados nela, uma vez que também são parte daquilo que chamamos Física. O pensamento físico fica bastante comprometido quando não se considera a sua dimensão filosófica, uma vez que esta é responsável pelas ligações das teorias formalizadas ao mundo, dando sentido às teorias e seus conceitos.

¹⁸ O título deste capítulo remete à fala do participante R: “É... a Física passou por um processo de matematização que a gente tá estudando no curso de Gravitação com Kepler e Galileu e daí pra frente cada vez mais, tal ((Pausa)) é, porém, a Física, a Ciência como um todo existe a partir de questionamentos nossos a respeito da natureza. Assim, a gente observa a natureza, surgem inúmeras dúvidas e a gente passa a tentar responder perguntas com a ciência, “tá ligado”? (644, E4)

A partir de Wittgenstein e de sua metodologia da visão panorâmica, apresentamos também que a compreensão de um conceito exige um compartilhamento de uma gramática, de um pano de fundo formado por regras que guiam as ações dentro de um jogo de linguagem. Aprendemos que a compreensão não está em um processo mental, mas consiste no saber “seguir regras”, no atuar de acordo com aquilo que se espera dentro de um jogo de linguagem. Diremos que alguém compreende um conceito se consegue aplicá-lo corretamente dentro de um jogo de linguagem. Vimos também que comportamento de compreensão não é o mesmo que compreensão, pois esta deve estar fundamentada em uma normatividade. Além disso, a palavra “correto”, assim como “compreensão” é aplicada para uma família de casos. Por isso, dizemos que a compreensão ocorre em níveis.

É possível dizer que um iniciante compreendeu um conceito, mesmo quando esse nível é muito limitado e ele só consiga aplicá-lo nos mesmos casos. Entretanto, num grau muito pequeno de compreensão não podemos ensinar a ninguém a formar o conceito para que possa ser utilizado pelo próprio sujeito. Não podemos dar-lhe autonomia da linguagem da Física e conseqüentemente, não poderemos permitir-lhe um novo estilo de pensamento. Para a formação dos conceitos é necessário que estes sejam aplicados a mais casos, para que se possa conhecer a rede de proposições gramaticais que faz parte de sua normatividade. Além disso, é necessário aprender a gramática profunda da Física, pelo menos aquilo que é mais essencial para formar o pensamento físico que, como vimos, possui o pensamento filosófico de modo constitutivo.

Os conceitos que fazem parte da gramática profunda da Física, como os de espaço, tempo, movimento, inércia, entre outros, não podem ser aprendidos se são aplicados apenas para um caso. A palavra espaço, em nossos cursos de Física, é aplicada na maioria das vezes com o significado de distância. E como essa palavra não se utiliza com outros significados, no fundo se está ensinando o conceito de distância, mas não o de espaço. Para ensiná-lo, seria necessário conhecer sua normatividade, que não existe separada dos problemas e hipóteses filosóficas. Consideramos que aprender os conceitos pertencentes à gramática profunda da Física, bem como as proposições gramaticais relacionadas a eles, é uma questão de necessidade para o aprendizado do pensamento físico em um grau suficiente para permitir a autonomia que lhe pertence.

A abordagem teórica, no terceiro capítulo, para a mecânica newtoniana constituiu um exemplo importante de como a filosofia compõe a gramática de uma teoria, tanto na construção das significações como para a sua própria crítica. Percebemos também que as

proposições de caráter filosófico são também importantes (não apenas as matemáticas ou empíricas) para fazer ligações de sentido entre os diferentes usos das palavras. Vimos que as proposições das três leis de Newton carregam de modo implícito uma série de hipóteses responsáveis por sua significação e que apenas as relações matemáticas entre força, massa e aceleração não são suficientes para compor o modo como essas leis falam sobre o mundo.

A análise do material empírico mostrou quê possibilidades surgem quando o pensamento filosófico da mecânica newtoniana é contemplado. A partir de proposições gramaticais que não faziam parte da imagem de mundo dos sujeitos participantes da pesquisa, percebemos que novas significações foram dadas às palavras, que passaram a ser utilizadas em mais contextos, bem como novas habilidades e mais autonomia no uso da linguagem da Física. O grau de compreensão desses conceitos também aumentou, bem como do jogo de linguagem da mecânica newtoniana como um todo.

Vimos que sem as proposições gramaticais filosóficas, o jogo de linguagem existente era o da resolução de exercícios, possibilitada pelo aprendizado de algumas proposições matemáticas e tecnicistas. Além disso, vimos também que havia grandes distâncias entre os conceitos e que as lacunas deixadas pela falta de alguns pressupostos eram preenchidas por conceitos do senso comum. A gramática aprendida previamente pelos participantes se assemelha mais àquela do estilo de pensamento aplicado das engenharias do que do próprio pensamento encontrado nos livros escritos pelos físicos, uma vez que a gramática da mecânica clássica não termina nas três leis de Newton. Observamos, nos resultados de nossa investigação empírica, que as proposições matemáticas e tecnicistas, separadas daquelas de caráter filosófico, possibilitaram apenas as habilidades de descrever, deduzir e classificar algumas características de alguns fenômenos mecânicos, aquelas que poderiam ser descritas por acelerações, velocidades e pela previsão de posições dos corpos.

Após as discussões e do aprendizado de algumas proposições filosóficas que faziam parte da gramática da mecânica newtoniana, vimos que novas habilidades foram possibilitadas. A partir das novas proposições, os participantes passaram a fundamentar suas argumentações sobre os problemas apresentados com conhecimento físico, bem como elaborar hipóteses, refutações, deduções de caráter epistemológico, elaborar dúvidas fundadas em certezas da própria mecânica, fazer críticas à própria teoria, bem como aumentar o nível de compreensão dos conceitos e proposições da Física, uma vez que observamos usos diferentes das palavras e também discursos elaborados a partir desses novos usos. O

pensamento filosófico tornou as discussões do grupo mais próximas daquilo que podemos chamar de jogo de linguagem da Física, ou do estilo de pensamento físico.

As ações realizadas com o discurso constituem o poder que pode ser oferecido aos nossos estudantes, poder esse dado pela linguagem, pela oportunidade que oferecemos quando ensinamos um novo modo de pensar, uma nova imagem de mundo. Pensamos que é para esse motivo que o ensino de Física precisa estar presente no ensino básico, para além de ensinarmos explicações de aparatos tecnológicos, que muitas vezes são memorizadas, devemos ensinar as ferramentas criadas por nós, que no caso da Física é, sobretudo, um modo diferente de olhar para o mundo. E como tal, precisa da filosofia como constitutiva. Além disso, a visão panorâmica das teorias físicas, a participação em jogos de linguagem diferentes é o que permite evitar o dogmatismo, tanto na formação de professores como na escola básica. Observar conceitos aplicados de maneiras diferentes e modos de pensar diferentes dentro da Física evita que se pense que seus fundamentos não podem mudar, assim como evita que se memorizem frases que generalizam aquilo que a “Ciência é”.

Pensar na necessidade do pensamento filosófico é para a compreensão da Física envolve também pensar no que entendemos por Educação Científica e em qual é o grau de compreensão que queremos proporcionar aos nossos estudantes. Quando queremos ensinar Física, queremos que esta seja compreendida de um modo holista, que sejam aprendidos apenas alguns significados específicos para o uso no cotidiano ou no trabalho, ensinar sua natureza ou formar físicos? Além disso, que tipo de habilidades desejamos que nossos estudantes alcancem? Nem sempre o modo como respondemos o porquê de ensinar Física irá exigir a compreensão de sua gramática profunda. Ensinar uma técnica também é ensinar física, o que não significa que haja um alto grau de compreensão, mas em algum nível ela existirá.

Acreditamos que, durante um curso de Física, haverá momentos em que responderemos à questão de por que ensiná-la de modos diferentes e a normatividade técnica também pode e deve fazer parte, pois também há usos técnicos das palavras da linguagem da física no cotidiano. Entretanto, se lembramos de nossa concepção de Educação apresentada no início desta dissertação, não pode ser esse único uso a definição do que é Física, pois temos que nos lembrar do que queremos com tal ensino e também da necessidade de participação em diferentes contextos para a formação do próprio conceito “Física”. Além disso, consideramos que é esse dogmatismo a causa dos tão conhecidos insucessos do Ensino de Física. Se dissermos que queremos proporcionar o surgimento do novo e a possibilidade de crítica e

compreensão da ciência, então certamente sem os jogos de linguagem da Física que possuem uma nítida relação com o pensamento filosófico, não alcançaremos nossos objetivos.

REFERÊNCIAS¹⁹

- AIKENHEAD, G.; RYAN, A. The development of a new instrument: 'views on Science-Technology-Society' (VOSTS). **Science Education**, v. 76, n.5, p. 477 – 492, 1992.
- AHSEN, M. S. Wittgenstein on meaning and understanding: Wittgenstein's undoing of psychologism. **Al-Hikmat**, Lahore – Pakistão, v. 27, p. 95 – 109, 2007.
- ARENDT, H. A crise na educação. **Educação e pesquisa**, São Paulo, n. 3, p. 823-837, 2010. (Obra originalmente publicada em 1957).
- ARMSTRONG, D. M. Absolute and Relative Motion. **Mind New Series**, Oxford, v. 72, n. 286, p. 209 – 223, 1963.
- ARTHUR, R. Space and relativity in Newton and Leibniz. **The British Journal for the Philosophy of Science**, v. 45, n. 1, p. 219 – 240, 1994.
- ASSIS, A. K. T. **Mecânica relacional**. Campinas: Unicamp - Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1998. 369p.
- AZANHA, J. M. P. **Experimentação educacional: uma contribuição para a sua análise**. São Paulo: EDART, 1975. 78p.
- _____. **A formação do professor e outros escritos**. São Paulo: Senac São Paulo, 2006. 235p.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.
- BARRA, E. O. Newton sobre movimento, espaço e tempo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Unicamp, v. 1, n. 2, p. 85-155, 1993.
- BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, Santa Catarina, v. 2, n. 1, p. 68 – 80, 2005.
- BOUVERESSE, J. Linguagem ordinária e filosofia. In: SUMPF, J.; GRANGER, G.; BOUVERESSE, J.; GAUVIN, J. **Filosofia da Linguagem**. Coimbra: Almedina, 1973. p. 71 – 138.
- BUNGE, M. **Epistemologia: curso de atualização**. Tradução de Cláudio Navarra. São Paulo: Edusp, 1980. 246p.
- CAMPANARIO, J. M. La ciencia que no enseñamos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 17, n. 3, p. 397 – 410, 1999.
- CONDÉ, M. L. L. Wittgenstein e a gramática da ciência. **Unimontes científica**, Montes Claros, v. 6, n. 1, 2004.
- COSTA, N. C. A. **Ensaio sobre os fundamentos da lógica**. São Paulo: HUCITEC, 1980. 271p.
- _____. **O conhecimento científico**. Discurso editorial: São Paulo, 1997. 284p.

¹⁹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

- CUSHING, J. T. **Philosophical concepts in Physics: the historical relation between philosophy and scientific theories.** Cambridge: Cambridge University Press – NY, 1998. xix + 424p.
- DEWITT, R. **Worldviews: an introduction to the history and philosophy of science.** Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. 392p.
- DÍEZ, J. A.; MOULINES, C. U. Introdução: natureza y función de la filosofía de la ciencia. In: PINO, G. G. **Introducción a la Filosofía de la Ciencia: documentos de trabajo.** Santiago de Cali: Programa Universidad del Valle, 2009. p. 36 – 48.
- EGER, M. Hermeneutics and Science Education: an introduction. **Science & Education**, v. 1, p. 337-348, 1992.
- EFLIN, J. T.; GLENNAN, G.; REISCH, G. The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. **Journal of research in science teaching**, vol. 36, n. 1, p. 107 – 116, 1999.
- ELORRIETA, R. S.; VINUESA, J. C. La polémica Leibniz – Clarke. In: Seminário “Orotava” historia de la Ciência – ano II. **De Arquimedes a Leibniz: tras los pasos del infinito matemático, teológico, físico y cosmológico.** Canarias: Ediciones Educativa Canarias, 1995. p. 537 – 564.
- ERLICHSON, H. The Leibniz – Clarke Controversy: absolute versus relative space and time. **Am. J. Phys.**, v. 35, n. 89, p. 89 – 98, 1967.
- FEYERABEND, P. **Contra o método.** Tradução de Octanny Silveira da Mota e Leonidas Hegenberg. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977. 488p.
- FITAS, A. J. S. Os Principia de Newton, alguns comentários (primeira parte, a axiomática). **Vértice**, Coimbra, v. 72, p. 61 – 68, 1996.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa.** Tradução de Joice Elias Costa. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405p.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. 144p. (Obra originalmente publicada em 1970).
- FRIEDLAENDER, B.; FRIEDLAENDER, I. Absolute or relative motion? In: RENN, J. T; SCHEMMEL, M. **The Genesis of general relativity.** Vol. 3: Gravitation in the twilight of classical physics: between mechanics, field theory and astronomy: between mechanics, field theory, and astronomy. Dordrecht: Springer, 2007. p. 127 – 144.
- FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz.** 2009. 229p. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- GALILI, I.; LEHAVI, Y. Definitions of physical concepts: a study of physics teachers’ knowledge and views. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 5, p. 521 – 541, 2006.
- GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da Ciência no Ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 7 – 59, 2010.
- GHINS, M. **A inércia e o espaço-tempo absoluto.** De Newton a Einstein. Campinas: Editora da Unicamp, 1991. 312p.

- GIL-PÉREZ, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 3, p. 255 – 260, 1993.
- GOTTSCHALK, C. M. C. Uma concepção pragmática de ensino e aprendizagem. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 33, n.3, p. 459 – 470, 2007.
- GRANGER, G. G. **A razão**. Lisboa: Difusão Européia, 1985. 132p.
- GRECA, I. M.; FREIRE Jr, O. A “crítica forte” da Ciência e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 343 – 361, 2004.
- HARRES, J. B. S. Desenvolvimento histórico da dinâmica: referente para a evolução das concepções dos estudantes sobre força e movimento. In: I Encontro Iberoamericano sobre investigação em Educação em Ciências. **Anais...** Burgos – Espanha. p. 16 – 21, 2002.
- HOSSON, C. Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje: una reconstrucción didáctica basada en Diálogo sobre los máximos sistemas del mundo de Galileo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcenola, v. 29, n. 1, p. 115 – 126, 2011.
- IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, p. 251 – 607, 2011.
- JAMMER, Max. **Conceitos de Espaço: a história das teorias do espaço na física**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010. 323p.
- JONES, R. H. **Discourse Analysis: A Resource Book for Students**. Londres: Routledge, 2012. Xvii + 229 p.
- KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a Natureza da Ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, Santa Catarina, v. 22, n. 1, p. 36 – 70, 2005.
- KOSSO, P. **Appearance and reality: an introduction to the philosophy of physics**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 64p.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1998. 257p.
- LEDERMAN, N. G et al. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners’ Conceptions of Nature of Science. **Journal of research in science teaching**, vol. 39, n. 6, p. 497 – 521, 2002.
- LELLES, K. C. **A concepção de compreensão e significação no segundo Wittgenstein**. 2007. 112p. Dissertação de mestrado – Curso de Cognição de Linguagem, Universidade Estadual Norte-fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2007.
- MACH, E (1902). **The science of mechanics**. Tradução de J. McCormack. Chicago: Open Court. (Obra originalmente publicada em 1883).
- MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.
- _____. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, Santa Catarina, v. 12, n. 3, p. 164 – 214, 1995.
- _____. Changing the focus: from Nature of Science to Features of Science. 2012.

- MATTOS, P. L. C. L. A entrevista não-estruturada como forma de conversação: razões e sugestões para sua análise. **RAP**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 4, p. 823 – 847, 2005.
- MORENO, A. **Wittgenstein através das imagens**. 2.ed. Campinas: Edunicamp, 1995. 142p.
- _____. **Nos labirintos da linguagem: ensaio introdutório**. São Paulo, Moderna, 2000.
- _____. Wittgenstein e os valores: do solipsismo à subjetividade. **Natureza Humana**, v. 3, n. 2, p. 233 – 288, 2001.
- _____. **Introdução a uma pragmática filosófica**. Campinas: Edunicamp, 2005. 416p.
- NOUVEL, P. **Filosofia das Ciências**. Tradução de Vanina Carrara Sigrist e Rodolfo Eduardo Scachetti. Campinas: Papyrus, 2013. 240p.
- NEWTON, I. (1999). **The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy**. (Bernard Cohen e Anne Whitman, Trad.). Berkeley, Los Angeles e Londres: University of California Press. (Obra original publicada em 1687).
- ONTORIA, A. GÓMEZ, J. P. R, MOLINA, A. **Potenciar la capacidad de aprender y pensar**. Madrid: Narcea, 1999. 192p.
- PATY, M. Endo-referência de uma ciência formalizada da natureza. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 6, n. 14, p. 107 – 141, 1992.
- _____. Einstein, cientista e filósofo? **Estudos avançados**, São Paulo, v. 7, n. 19, p. 91 – 132, 1993.
- _____. Construção matemática e realidade do espaço-tempo da teoria da relatividade. In: ÉVORA, F. R. R. **Espaço e Tempo**. Campinas: Unicamp, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1995. p. 13 – 40.
- _____. Os conceitos da física: conteúdos racionais e construções na história. Tradução de Silvia Waisse Priven. **Principia**, Florianópolis, v. 5, n. 1-2, p. 209 – 240, 2001.
- _____. Inteligibilidade racional e historicidade. Tradução de René Lenard. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 369 – 390, 2005.
- _____. O conhecimento na física: do indivisível segundo a observação ao visível segundo o pensamento. **Scientia & Studia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 293 – 298, 2010.
- PESSOA JR., O. F. **Experimento do balde e espaço absoluto**. Notas de aula da disciplina Filosofia da Física, São Paulo, p. 30 – 35, 2012. Em: <<http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/FiFi-13-Cap04.pdf>>. Acessado em 10 de dezembro de 2013.
- PEDUZZI, L. O. Q.; ZYLBERSZTAJN, A.; MOREIRA, M. A. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a História da Ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 239 – 246, 1992.
- PINO, G. G. **Introducción a la Filosofía de la Ciencia: documentos de trabajo**. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2009. 234p.
- POSSENTI, S. Pragmática na análise do discurso. **Cad. Est. Ling.**, Campinas, v. 30, p. 71-83, 1996.
- PLATÃO. **Mênon**. Tradução de Maura Iglésias. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio; Loyola, 2001. 117p.

- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da Natureza da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, Bauru, v.13, n.2, p. 141 – 156, 2007.
- POSSENTI, S. Notas sobre linguagem científica e linguagem comum. In: **Ensino de Ciência, Leitura e Literatura**, ano XVIII, n. 41. Campinas: Cedes. 1997.
- RONCANCIO, J. D. R.; URBANO, J. B. El pensamiento del profesor de física desde el concepto de espacio. **Revista ieRed**, Cauca - Colômbia, v. 1, n. 4, 2006. Disponível em: <<http://revista.iered.org>> . Acesso em 15 abril de 2014.
- SAPUNARU, R. A. **O “estilo newtoniano”, o espaço, o tempo e o movimento “absolutos”**: controvérsias entre cartesianos e newtonianos. 2006. 190p. Dissertação de mestrado – Departamento de Filosofia, PUC – Rio, Rio de Janeiro, 2006.
- _____. A construção lógica do “estilo newtoniano”. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 55 – 66, 2008.
- _____. **O conceito leibniziano de espaço**: distâncias metafísicas e proximidades físicas do conceito newtoniano. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. 235p.
- SCHUSTER, J. A. Cartesian Physics. In: BUCHWALD, J. Z.; FOX, R. (Orgs). **The Oxford Handbook of the History of Physics**. Oxford: Oxford University Press, 2013. p. 56 – 95.
- SEGATTO, A. I. **Wittgenstein e a questão da harmonia entre linguagem, pensamento e realidade**. 2011. 170f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- SERRA, J. M. P. Filosofia e Ciência. **Artigos LusoSofia**, Covilhã, 2008. Disponível em: http://www.lusosofia.net/textos/serra_paulo_filosofia_e_ciencia.pdf. Acessado em 03 de março de 2014.
- SILVA, G. R. Proposições necessárias, proposições gramaticais. **Primeiros escritos**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 131 – 140, 2009.
- SILVA, J. G. **A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein**. 2012. 291p. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- SKLAR, L. Space and the metaphysics of theories. **Noûs**, v. 6., n. 4, p. 289 – 309, 1972.
- _____. **A filosofia da física**. Tradução de Pedro Galvão, Paula Mateus e Desidério Murcho. 1998. Disponível em: <http://dmurcho.com/docs/sklar.pdf>. Acessado em 20 de fevereiro de 2014.
- SMEENK, C.; SCHLIESSER, E. Newton’s Principia. In: BUCHWALD, J. Z.; FOX, R. (Orgs). **The Oxford Handbook of the History of Physics**. Oxford: Oxford University Press, 2013, p. 109 – 165.
- SOTO, C. P. **Sobre um conceito histórico de Ciencia: de la epistemologia actual a la dialéctica**. Santiago: LOM Ediciones, 2008. 251p.
- SOUZA, C. E. B. O processo de formação de proposições e a possibilidade da dúvida no Sobre a Certeza de Wittgenstein. **Argumentos**, Fortaleza, cidade, v. 5, n. 9, 2013.
- SPANIOL, W. “Formas de vida”: significado e função no pensamento de Wittgenstein. **Síntese Nova Fase**, Belo Horizonte, v. 51, p. 11 – 31, 1990.

- SPICA, M. A. A linguagem da Ciência no Tractatus de Wittgenstein. **Intuitio**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 101 – 123, 2009.
- SIQUEIRA, E. G. Cozinha e gramática: o problema da vontade na fase intermediária de Wittgenstein. **Cad. Hist. Fil. Ci.**, Campinas, v 14, n. 2, p. 227 – 254, 2004.
- TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE Jr., O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 9 – 40.
- TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR., O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 15, n.3, p. 529 – 558, 2009.
- WELLER, W. Grupos de discussão na pesquisa com adolescentes e jovens: aportes teórico-metodológicos e análise de uma experiência com o método. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 241 – 260, 2006.
- WITTGENSTEIN, L (1999). **Investigações filosóficas**. Tradução de José Carlos Bruni. São Paulo: Nova Cultural. (Obra original publicada em 1953).
- _____. (1967) Zettel. Tradução de Octavio Castro e Carlos Ulisses Moulines. Londres: Basic Blackwell. (Obra original publicada em 1967)
- _____. (1972) Sobre la certidumbre. Caracas: Tiempo Nuevo, (Obra original publicada em 1969)
- ZINKERNAGEL, H. Some trends in the philosophy of physics. **Theoria**, San Sebastián – Espanha, v. 26, n. 2, p. 215 – 241, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – *QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO*

Todos os conceitos se referem ao contexto da mecânica clássica.

1. O que você pode dizer sobre o conceito de espaço? (Características, significados, exemplos...).
2. Dê exemplos de movimentos relativos e absolutos.
3. Construa pelo menos duas frases para cada um dos seguintes conceitos: espaço, inércia, movimento relativo, movimento absoluto, força centrífuga e força.
4. Imagine uma roda no espaço vazio. Como podemos saber se ela está girando?
5. Abaixo você encontrará frases em que se utilizam alguns conceitos. Comente o significado deles em cada uma e, se possível, encontre exemplos que possuam o mesmo significado.

ESPAÇO: Se fizermos um experimento em certa região do espaço, e então repetirmos este mesmo experimento em outra região, obteremos o mesmo resultado.

ESPAÇO: É impossível imaginar uma experiência capaz de demonstrar que um objeto ocupa uma posição x ao invés da posição y no espaço.

INÉRCIA: A lei da inércia divide os movimentos em duas classes: o movimento que um corpo faz por si só e os outros movimentos, que ocorrem devido a causas externas.

ESPAÇO: As propriedades do espaço estão estreitamente ligadas às da relatividade do movimento.

INÉRCIA: A inércia pode ser entendida como um poder de resistência.

MASSA e INÉRCIA: Se um corpo tivesse massa nula, ele não teria inércia.

ESPAÇO: O espaço é independente da matéria.

MOVIMENTO: O movimento real no espaço é diferente do movimento relativo a um corpo.

INÉRCIA: A inércia depende das propriedades do espaço.

FORÇA DE INÉRCIA: A força de inércia pode ser considerada tanto passiva (efeito), como ativa (causa).

MOVIMENTO/FORÇA CENTRÍFUGA: A Terra é achatada nos polos pela força centrífuga, que surge porque a Terra realiza um movimento verdadeiro em relação ao espaço.

FORÇA CENTRÍFUGA/FORÇA DE REAÇÃO: As forças centrífugas e as forças de reação (na terceira lei de Newton) são de mesma natureza.

INÉRCIA: Devido ao princípio da inércia, para manter um planeta em órbita ao redor do Sol, é necessária uma força em direção ao Sol e não tangente ao planeta.

MASSA: A massa inercial é diferente da massa gravitacional.

INÉRCIA: Sempre que uma força produz muito pouca mudança na velocidade de um corpo, dizemos que o corpo possui um alto grau de inércia.

APÊNDICE B – REDES CONCEITUAIS ANTERIORES

Figura 12. Rede conceitual do participante D. **Justificativas:** O mais fundamental: o Universo. Do Universo vem um espaço e um tempo. Dentro desse contexto vem a massa. A massa pode estar em repouso ou em movimento, para isso temos um referencial que pode ser inercial ou não. Com isso, temos o movimento. Do movimento ou de sua tendência, temos o atrito. O atrito ocorre meio que em paralelo aos tipos de movimento (retilíneo, circular), ou seja, ele existe (o atrito) para qualquer movimento. Do movimento temos a velocidade, com a velocidade vem o conceito de aceleração, da aceleração eu vou tanto para a força como que ao mesmo tempo, volto pro circular, pois todo movimento circular é acelerado, por mais que eu diferencie as acelerações, pois a aceleração que veio da velocidade (reta 10) é taxa de variação da velocidade no tempo, enquanto que a aceleração intrínseca do M.C não é responsável por alterar esse módulo da velocidade. Bom, da força está ligada a massa, uma vez que não faz sentido ter força e não ter massa, enquanto faz sentido ter massa e não força. Por “fim”, as retas 14 dizem pra mim que eu posso pensar, a priori, em velocidade, aceleração e força sem necessariamente pensar em vetor.

Figura 13. Rede conceitual do participante F. **Justificativas:** 1. Para gerar movimento é necessária uma força. 2. O movimento pode ser acelerado ou retardado. 3. O movimento pode ser nulo. 17 e 4. O movimento acontece em um tempo e no espaço. 5 e 14. Retardado: aceleração negativa. 6. Aceleração positiva. 8. Aceleração da

gravidade. 9. A força é sempre aplicada na massa. 10, 11 e 12. Aceleração depende da velocidade e tempo. 14. No movimento é necessária uma velocidade. 15 e 16. Velocidade = DS/Dt .

Figura 14. Rede conceitual do participante H. **Justificativas:** 1 e 2. Do movimento se apura estas duas qualidades. 3. Utilizando o mesmo sistema de unidades é possível aferir. 4. Por um tempo infinitesimal, no mínimo. 5. Por estar em movimento, normalmente o meio gera empecilhos. (O restante, não sabe justificar).

Figura 15. Rede conceitual do participante J. **Justificativas:** Tudo depende de um objeto inicial a ser estudado, da busca pelo entendimento da natureza do objeto. 1. O objeto ocupa determinado lugar no espaço-tempo. 2. A partir de alguma força. 3. Ele adquire uma velocidade, que determina seu. 4. Deslocamento. 5. Pode ter atrito ou não. 6. Tudo isso gera uma mudança. 7. Que, por sua vez, causa uma reação dependente do espaço ao redor.

Figura 16. Rede conceitual do participante N. **Justificativas:** 1. A força pode estar agindo. 2. O que pode gerar um movimento sem atrito. 3. Se a força deixar de agir e for sem atrito o movimento é uniforme. 4. O que faz variar apenas o tempo e o espaço. 5. Mas o movimento pode ser acelerado. 8. O que faz variar o tempo, o espaço e a velocidade. 6. Mas pode existir movimento mesmo com a força não agindo. 9. Pois o atrito estático máximo não foi rompido. 10. Mas se for... 11. O atrito vira cinético. 12. O atrito gera uma força contrária ao movimento. 13. Se não estiver agindo uma força (resultante). 14. Ou o corpo está parado. 15. Ou em movimento uniforme. 16. O movimento pode ser não retilíneo. 17. E uma forma deste é ser circular. 18. Para isso é preciso uma aceleração diferente da anterior. 19. A centrípeta que faz ser circular, pois como a força está ligada a aceleração, com a existência desta, aquela existirá também. 20. Mas podemos ter um movimento acelerado tangencialmente. 21. Que necessita de mais forças agindo. OBS.: A força pode ser tanto a resultante como apenas uma das forças que está agindo e no caso, o corpo está apoiado em um plano místico.

Figura 17. Rede conceitual do participante O. **Justificativas:** 1. Se existe espaço, então ele possui um tamanho. 2. Todo corpo possui um tamanho no espaço. 3. Os corpos estão no espaço. 4. Os corpos se deslocam. 5. Os corpos se deslocam no espaço, com isso, possui velocidade. 6. Se há um deslocamento, há velocidade. 7. Se um corpo se desloca, ele possui uma velocidade, e com isso, ele “gasta” tempo. 8. Um corpo se desloca com certa velocidade em determinado tempo no espaço! 9. Se um corpo existe, ele possui massa. 10, 11, 12, 13, 14, 15. Para um corpo que está no espaço e se desloca pela ação de uma força, varia sua velocidade, isto é, a aceleração.

Figura 18. Rede conceitual do participante R. **Justificativas:** 1. mov. $\rightarrow$ espaço – tempo – geometria.

Para que haja movimento, é necessário que haja espaço, pois movimento significa variação no espaço no decorrer do tempo. O espaço é independentemente da matéria e é imutável, além de ser representado pela geometria. 2. Espaço – mov. – velocidade – tempo. Todo movimento ($\therefore \Delta S$) tem uma “intensidade”; velocidade. 3. mov. – veloc. – aceleração – espaço – tempo. O movimento (ΔS), tem “intensidade” (v), que

pode ser variada (também no decorrer do tempo): aceleração ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$). 4. Força (geometria, movimento, massa, tempo, aceleração) $\rightarrow$ Força é algo que, quando aplicada a um corpo (“massudo”) resulta numa aceleração. Implica em gastar energia. Pode causar/aumentar/diminuir/acabar com o movimento.

Figura 19. Rede conceitual do participante V. **Justificativas:** Primeiramente, por algum motivo, não consigo entender a mecânica sem pensar em espaço e tempo, portanto, eles são meu estágio 0.

1. A partir do espaço, consigo pensar em medidas, pois todo o espaço (acho que por aceitação) tem uma extensão. 2. Como conceito de medidas, penso em distância. 3. Com a distância se ligando ao tempo, através do conceito idealizado (e definido) de velocidade pelo ser humano, consigo relacionar distância e tempo (3), distância e velocidade (4), velocidade e tempo (5). 6. Sabendo de velocidade, penso que tal possa variar, assim criando um novo conceito: ACELERAÇÃO, onde com a variação da velocidade, que varia com o tempo e espaço, varia. 11. Continuando pensando em ESPAÇO e MEDIDAS, consigo pensar na composição dos corpos, ou seja, MATÉRIA e MEDIDAS (12), MATÉRIA e MASSA (3). 9. MASSA e FORÇA (9) e também os dois relacionados com ACELERAÇÃO (10). Infelizmente, a questão da força, foi algo aceito por mim, mas que faz muito sentido, onde através de experiências consigo confirmar tal hipótese (ou ao menos relacioná-la).

APÊNDICE C – REDES CONCEITUAIS POSTERIORES

Figura 20. Rede conceitual do participante D. **Justificativas:** Primeiro: As retas 1 e 6 são equivalentes, no sentido que depende o movimento que eu quero estudar. Tanto faz, então, começar indo para a direita ou para a esquerda. Segundo: A partir de um espaço absoluto, chegamos a um referencial absoluto. Terceiro: Dado um espaço absoluto, um referencial inercial, temos um movimento, mas não um movimento qualquer, um movimento absoluto, o que explica a reta 4. A seta 5, que explica a ausência de força centrífuga vai implicar em um movimento absoluto (14). Agora, se eu me contento com medições relativas, posso ir “direto” para a seta 6: assumindo a existência somente de um espaço relativo, que seria o suficiente e resolver os problemas do meu cotidiano (feitas algumas aproximações). De maneira análoga, portanto, tenho as setas 7 e 8. A seta 10 liga o pensamento de aparecimento de forças centrífugas através de um referencial não-inercial, logo ele está acelerado em relação ao espaço absoluto, portanto ele sofre forças como a centrífuga. Em paralelo, a seta 14 implica que todos os corpos do universo não são referenciais inerciais (pois eles nunca estarão em repouso perante ao espaço absoluto). A seta 11 nos indica que as forças que aparecem como a centrífuga, são reais, ou seja, podem e devem transformar o corpo (seta 12).

Figura 21. Rede conceitual do participante F. **Justificativas:** 1 e 2. Espaço: pode ser absoluto ou relativo. 3. O movimento ocorre no espaço. 4 e 13. Todo movimento ocorre em um espaço, por conta disso depende do espaço. 5 e 12. O movimento verdadeiro é o que sofre força. 7. O movimento depende do referencial. 8, 6 e 9. A velocidade que inicia o movimento precisa de uma força inicial. 8 e 11. O tempo depende da aceleração e velocidade do movimento. 10. $F = m \cdot a$. 14. Se relativo, necessita de um referencial. 15. O que ocorre no espaço leva um tempo.

Figura 22. Rede conceitual de H. **Justificativas:** 1 e 2. Os dois tipos de movimentos. 3. Provém do movimento. 4. Correlação existente a partir do movimento. 5 e 6. Outra correlação existente, onde os dois (força e aceleração) induzem a... 7. ... 2ª lei de Newton em outras palavras. 8. Todo objeto que possui massa tem gravidade.

Figura 23. Rede conceitual de J. **Justificativas:** 1. Certa massa ocupa lugar no espaço. Se o espaço for relativo, a existência da massa causa sua existência – diferente do espaço absoluto que existiria sem a massa. 2. Uma força é imprimida a esta massa, o que causa o aparecimento da força de inércia. 3. Dependendo da força imprimida, pode ocorrer mudança ou conservação de estado. 4. Caso ocorra mudança de estado, a massa pode começar a se movimentar ou modificar um movimento preexistente. 5. Tal movimento pode ser relativo (a massa pode estar em movimento, mas para com relação a um referencial na mesma velocidade) ou absoluto (onde não há referencial a ser comparado); ou seja, mudança absoluta de posição no espaço. P.S: ação – reação. O sentido da seta indica o efeito/consequência.

Figura 24. Rede conceitual do participante N. **Justificativas:** 0. Como você pediu para mim fazer um fluxograma com o que eu acredito e entendo sobre a mecânica clássica, então eu defini com a seta número zero um espaço absoluto dentro de um golfinho em que dentro dele só existe um outro golfinho menor o qual servirá como objeto que sofrerá a ação de cada uma das flechas seguintes demonstrada e explicada. O golfinho que servirá de espaço absoluto (que EU acredito) é perfeitamente plano e perfeitamente liso e, por ser místico não permite que qualquer outra força atue no golfinho menor a não ser que eu queira, e o golfinho maior não se move pois ele é máximo, todos os movimentos estão dentro dele. 1. Dentro do golfinho maior pode existir uma ou mais forças, neste caso, não estamos interessados em saber o que causa essa (s) forças, mas sim em seu(s) efeito(s). 2. Então, dentro do golfinho maior, o golfinho menor pode estar sem sofrer a ação de nenhuma força ou a força resultante sobre ele é nula. 3. Nesse caso, é aceitável dizer que com certeza o golfinho menor estará parado ou em movimento retilíneo uniforme. 4. Sendo assim, como consequência, não temos uma aceleração do golfinho menor. 5. Este é o estado de inércia. 6. Agora, seja uma força agindo com uma determinada direção e sentido agindo sobre o golfinho menor. 7. É aceitável dizer que exercerá um movimento acelerado, uma vez

que a ação de uma força única, sobre um corpo, causa-lhe como consequência uma aceleração. 8. Esse movimento acelerado pode ser ao longo de uma linha reta.

9. Como foi definido que o golfinho menor está dentro do golfinho maior e místico, a força que faz ele acelerar retilineamente é a única atuando sobre ele. 10. Criando como consequência uma aceleração retilínea.

11. Agora a mesma força está atuando de modo diferente, fazendo com que ele gire. Criamos assim um golfinho em movimento circular. 12. Agora, o golfinho girando passa a cada vez mais girar rápido (ou devagar, tanto faz).

13. Isso só pode ser fruto da ação de outra força criando um golfinho em movimento circular uniformemente variado. 14. Com pelo menos uma força centrípeta que o coloca em movimento rotacional. 15. Criando assim uma aceleração com o objetivo de mantê-lo nesse movimento.

16. E pelo menos uma força tangencial. 17. Para fazê-lo acelerar tangencialmente (seja essa positiva ou negativa). 18. Entretanto esse movimento pode ser uniforme, ou seja, o ângulo descrito por esse golfinho é sempre o mesmo para o mesmo intervalo de tempo.

19. Como temos a situação do espaço golfinho maior absoluto e místico, a força que o mantém girando é a única que atua sobre ele. 20. E é a centrípeta. 21. Agora criemos então um exemplo que demonstrará um aspecto muito importante. 22. Cria-se então um segundo golfinho, e um deles começa a girar em torno de outro corpo.

23. Podemos então tomar a referência no golfinho 1. 24. Ou podemos tomar a referência em golfinho 2. 25. Se fizermos “23”, o golfinho 2 estará se movendo. 26. Se fizermos “24”, o golfinho 1 se moverá.

27 e 28. Em ambos os casos surge a dúvida: Qual dos movimentos realmente se moverá? 29 e 30. O golfinho que estiver se movendo é aquele que estava ficando tonto, sentindo forças que o obrigam a escapar pela tangente, a qual é causada pela inércia como força de resistência. (Obs.: Note como os diferentes números de setas estão com cores diferentes [circulados assim], essa coloração indica “caminhos” que o(s) golfinhos podem seguir. Os círculos de duas ou mais cores indicam que a seta é parte de diferentes caminhos. Note também que como dentro do golfinho maior eu não defini que existe água, mais cedo ou mais tarde os golfinhos morrerão).

Figura 25. Rede conceitual do participante O. **Justificativas:** Tudo está no espaço absoluto. Os corpos ocupam espaço e tudo em relação a esses corpos são obtidos em relação ao espaço absoluto. Dado o referencial (espaço absoluto) sabemos se um corpo está em movimento se nele aparece uma força que causa uma modificação nesse movimento, por exemplo, uma geleia dentro de um ônibus e este freando, um movimento circular, o corpo sente uma força centrífuga devido a sua variação no espaço.

Figura 26. Rede conceitual do participante R. **Justificativas:** Relações: Mov. – S – T: movimento verdadeiro é o deslocamento espacial no decorrer de um tempo. Mov. – S – T – Relação: movimento relativo é o deslocamento com relação a outro corpo. Se for verdadeiro, também será com relação ao espaço absoluto. Se for aparente, não há movimento visto do referencial privilegiado (o próprio espaço). Mov. – S – T – V – a: velocidade é a porção de espaço percorrida por unidade de tempo em um movimento absoluto. Velocidade relativa é obtida ao comparar dois corpos e medir o espaço entre eles. Aceleração é a taxa de mudança de ambas velocidades. Mov. – S – T – V – a – m – F – inércia: dizemos que um movimento é inercial quando existe sem forças externas ao corpo e não-inercial quando precisa destas forças. Quando uma força é aplicada a um corpo, surge imediatamente outra força em resposta que atua no sentido de manter o movimento inercial (repouso ou MRU) e cuja intensidade será diretamente proporcional à massa deste corpo.

Figura 27. Rede conceitual do participante V. **Justificativas:** Antes eu enxergava a mecânica clássica como totalmente dependente do Espaço, não sei bem dizer o porquê, mas eu via tudo aquilo que a mecânica representa dentro de uma “bolha” e essa “bolha” seria o Espaço. Eu sabia que existia o Espaço, porém, não sabia o que ele era e para o que servia, eu apenas o enxergava como a “bolha”. Após as discussões, percebi que mesmo ainda não sabendo muito bem o que é o Espaço, concluí que ele foi “criado” por um propósito muito importante. Quando digo “criado”, ele não foi criado apenas pelo propósito que tento mostrar no mapa (verso da folha), mas sim reforçado, a ideia sobre o espaço foi reforçada a partir do momento onde não souberam explicar a origem da força centrífuga. Com isso, percebi que tanto o Espaço quanto a força centrífuga são dependentes uma da outra. O “tempo” está ligado somente ao “Espaço”, pois eu vejo o Espaço como a “bolha” de todo o resto, e ao mesmo tempo, o tempo está em tudo. Mesmo eu ainda vendo o Espaço como algo que encoberta todo o resto, ele, agora, não é mais independente. O restante dos balões não precisa ser explicado. Eles são óbvios do ponto de vista da mecânica clássica. Não existe uma velocidade sem uma aceleração (por mais que seja nula), um termo “cria” o outro.

APÊNDICE D – RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Tabela 6.1. Respostas à questão: O que você pode dizer sobre o conceito de espaço? (Características, significados, exemplos...)

Participante	Antes	Depois
O:	O espaço é uma entidade física, geométrica e filosófica. No espaço estão localizadas “coisas”, o que o define como lugar. Nesse “lugar”, para se localizar algo no espaço é necessário uma metragem, normalmente 3 direções, por exemplo, para localizar uma lâmpada numa sala, é necessário saber sua altura com relação ao chão e sua distância entre duas paredes perpendiculares. Com isso, podemos concluir que para localizar algo no espaço, temos que atribuir um referencial. No caso da sala com a lâmpada, as paredes e a altura são os referenciais.	O espaço pode ser absoluto ou relativo. No primeiro caso, ele independe para existir. No segundo, ele depende para existir.
D:	Imagino o espaço como sendo um Deus, no sentido que é onipresente. Só vou para algum lugar, se lá estiver um espaço, no mínimo. O espaço sempre existiu e sempre existirá. O espaço não tem direção, nem sentido e vai do nada para lugar algum. O espaço em si é puro e eu moldo como eu quero dou direções e limitações, estipulo seu início, seu fim. Como exemplo, temos o espaço no qual temos agora ou no que estivemos ontem. Uma bola pára depois de percorrer 10 metros, isso não quer dizer que ela percorreu 10m, pois depois não haveria mais espaço, mas sim porque a força de atrito a fez parar.	Ao meu ver o conceito de espaço é muito abstrato (por não possuir experimentos físicos que o comprovem). No entanto, tendo como espaço algo que seja absoluto, ou seja, independente da matéria, que sempre existiu e que sempre existirá, infinito, homogêneo, presente em todos os lugares, ou melhor, ele é o lugar. Espaço tornou-se mais do que uma distância entre os corpos. E além, um referencial privilegiado, inercial.
V:	O conceito de espaço me vem à cabeça como algo grande, que pode ser designado como algo infinito, porém posso limitá-lo também. O espaço também pode ter dimensões, começamos de unidimensional e indo podendo ir até tridimensional. Na minha capacidade mental, não consigo pensar em um espaço com mais de três dimensões. Exemplos: Universo, atmosfera.	O espaço pode significar muitas coisas em vários sentidos. O espaço explicado por Newton pode significar de onde a força centrífuga é originada. O espaço pode mostrar se o movimento é relativo ou absoluto.

J:	O espaço é um local utilizado por corpos. A partir do conceito de massa, tornou-se necessário conceituar o espaço.	O espaço pode ser descrito tanto como uma entidade absoluta e independente da matéria quanto uma abstração, útil para a elaboração de teorias. A segunda opção pode ser observada na formulação de exercícios de Física.
F:	Espaço é tudo aquilo que pode ser ocupado.	O conceito de espaço pode ser dividido entre relativo e absoluto, sendo o relativo dependente de um referencial e o absoluto sendo independente e geral.
N:	O espaço é o lugar que <u>existe</u> , ou seja, deve ser possível chegar a ele, ou seja, pode ser ocupado.	O espaço é um conceito que veio a partir da necessidade da criação deste nas teorias que explicam o mundo. Ele pode ser apenas relativo, como por exemplo, exercendo o papel de distância entre dois corpos, ou seja, se os corpos em questão sumissem, ele também teria o mesmo fim. Pode ser apenas o local que os corpos ocupam, ou seja, é delimitado pelo tamanho dos objetos, ou pode ser absoluto, ou seja, independente de que tudo existe, ele continuaria existindo.
R:	Ele é independente de qualquer outra coisa e é sempre igual em qualquer lugar. Um ponto na Terra, no mar ou no Cosmo é igual, por exemplo.	(Não entregou)

Tabela 6.2. Respostas à questão 2: Dê exemplos de movimentos relativos e verdadeiros.

Participante	Antes	Depois
O:	Acredito que todo movimento é relativo, pois se pensar num japonês e num brasileiro saindo de casa e eles apontam para cima, só que “para cima” do brasileiro é o “para baixo” do japonês e vice-versa. Mas se restringir o espaço, temos um movimento absoluto.	Dois corpos girando um em relação ao outro é relativo, e o corpo que experimenta a força é o verdadeiro.
D:	Movimento relativo. Podemos pensar numa estrada onde estou dentro de um carro que se move no mesmo sentido e direção de outro carro. Com isso, se eu estou a 50 km/h e o outro carro a 70	Movimento relativo: dois carros andando na estrada e o referencial em um dos carros. Uma pessoa em um vagão de trem e o referencial no vagão. Movimentos verdadeiros: Bloco se deslocando com velocidade constante em linha reta sob o referencial do espaço

	km/h, o movimento relativo entre nós dois será de 20 km/h na mesma direção e sentido. Considero a luz como um movimento absoluto ou supondo a Terra parada e eu, o observador, parado, qualquer movimento que acontecer em relação a mim será verdadeiro.	absoluto. Deslocamento de um trem sobre um referencial inercial (não sente ação de forças).
V:	Eu não entendo muito bem os movimentos relativos e absolutos.	Movimentos relativos: o Sol nascer em leste e se “mover” para oeste (visto do horizonte da Terra); paisagem “andando” para trás quando estamos nos movendo por um veículo. Movimentos verdadeiros: aqueles que apresentam forças, como por exemplo: uma pessoa correndo em volta de uma casa.
J:	Movimentos relativos: misturas heterogêneas, água evaporando, objetos elásticos dentro de caixas. Movimentos absolutos: quebra de um ovo, misturas homogêneas, flecha atirada.	Movimentos relativos: uma garota andando em uma charrete: ela está parada com relação à charrete, mas se movimentando com relação à estrada. O mesmo se aplica aos objetos na Terra com relação ao Sol. Movimentos verdadeiros: O experimento do balde de Newton pode ser descrito como exemplo de movimento verdadeiro.
F:	Relativo: você em um carro e o <u>mundo fora</u> que se move. Absoluto: você se movimentando no carro.	Movimento relativo: movimento que não sofre forças e é observado por quem recebe. Movimento absoluto: movimento onde o corpo sofre forças.
N:	Todo movimento é relativo ou absoluto, depende do referencial. Uma coisa que estiver se movendo em relação a algo pode estar parado em outro referencial.	Movimento relativo: sejam 3 golfinhos, dois estão se movendo em uma mesma direção, sentido e módulo de velocidade, o outro está parado. Movimento relativo é o movimento em relação ao terceiro golfinho, de duplas, que relativamente um ao outro estão parados.
R:	Movimento relativo é aquele que é medido em relação a outro objeto. Movimento absoluto é medido em relação ao próprio espaço.	(Não entregou).
H:	Movimento relativo entre dois carros no mesmo sentido com velocidades diferentes. Movimento absoluto a partir de um referencial único adotado por observadores com o espectador assistindo uma corrida.	Coisas que andam lado a lado ou de encontro. O verdadeiro seria a luz.

Tabela 6.3. Respostas à questão 3: Construa pelo menos duas frases para cada um dos seguintes conceitos: espaço, inércia, movimento relativo, movimento absoluto, força centrífuga e força.

Participante **Antes**

Depois

O:	<p>O espaço é multifuncional; Um espaço faz parte de outro espaço, que juntos constituem um espaço; A vida e a morte são inerciais; A inércia constitui um dos pilares principais da física clássica; Tudo é relativo; O absoluto é só questão de opinião; A força centrífuga separa os densos no limite do espaço.</p>	<p>O espaço absoluto é imutável por toda a sua extensão; O espaço pode ser absoluto ou relativo; A inércia existe num corpo desacelerado; A inércia depende do corpo; Um corpo em movimento em relação a outro corpo é um movimento relativo; Não sei explicar o movimento relativo no espaço absoluto; Movimento absoluto é o movimento presente no espaço absoluto; Todos os corpos, em movimento verdadeiro, são movimentos absolutos.</p>
D:	<p>A medida do espaço é o comprimento; Não definimos sentido para o espaço, pois o espaço acontece, se faz presente em todas as partes; A inércia do corpo é proporcional à massa do corpo; Se para um referencial, um corpo está com velocidade 0, isso implica que ele está em seu estado de inércia; O movimento relativo pode ser observado em uma estrada, quando dois carros se deslocam em mesmo sentido ou não; Diferentemente do movimento relativo, o movimento absoluto é único, só existe um. Independente do referencial. Na prática, é difícil obtermos algum movimento absoluto. A força centrífuga não forma par ação-reação, uma vez que ela não existe por causa de outra. O ônibus, ao realizar uma curva, produz uma força centrífuga que é sentida por todos os passageiros. A força possui sentido, direção e intensidade. Só existe força se existir massa.</p>	<p>Somente a partir de um <u>espaço</u> absoluto podemos obter/ estudar a mecânica de Newton e os movimentos verdadeiros. O espaço pode ser considerado relativo se o julgamos como uma distância entre dois corpos. Chamamos de inércia de um corpo a dificuldade para mudar seu estado original, seja ele em repouso ou M.R.U.; A <u>inércia</u> de um corpo pode ser constatada, independente do seu movimento; O <u>movimento relativo</u> é todo movimento caracterizado a partir de um referencial não-inercial. O <u>movimento relativo</u> depende do movimento de todos os corpos envolvidos e do referencial. O <u>movimento absoluto</u> só pode ser caracterizado a partir do referencial do espaço. Não podemos observar o <u>movimento absoluto</u> através de experimentos.</p>
V:	<p>Espaço e Universo são palavras muito usadas como sinônimos; Espaço é algo que sempre existirá em relação a dois corpos, mesmo que eles estejam encostados, pois haverá uma distância mínima entre eles; Inércia é algo discutido muito no século XVI e XVIII; Inércia é muito confundido com a “ação” de um corpo parado; Força centrífuga é uma força que</p>	<p>Espaço vazio existe? O espaço independe da matéria? O princípio da inércia foi formulado primeiramente por Galileu; A inércia é uma propriedade física da matéria; É possível existir movimentos absolutos na Terra? Os planetas fazem movimentos absolutos? A máquina de lavar realiza uma força centrífuga; Todo movimento circular (com uma força</p>

	<p>pode ser realizada por uma máquina de lavar;</p> <p>Força centrífuga está muito presente em movimentos circulares;</p> <p>“Eu tenho a força!!!”</p> <p>Força é massa vezes aceleração.</p>	<p>resultante centrípeta real) apresenta uma força centrífuga.</p> <p>Para que o movimento seja absoluto, o corpo deve apresentar forças;</p> <p>A força centrífuga é uma força fictícia.</p>
J:	<p>Espaço: local, que pode ser ocupado por corpos. O espaço não precisa de corpos, mas os corpos precisam do espaço;</p> <p>Inércia: tendência do corpo em manter-se parado ou em movimento.</p> <p>Movimento relativo: Não sei. Imagino todos os movimentos como relativos.</p> <p>Movimento absoluto: movimentação Terra-Sol.</p> <p>Força centrífuga: força que impossibilita o desvio terrestre da órbita do Sol.</p> <p>Força: Poder de modificação/alteração.</p>	<p>A matéria não pode existir sem a existência do espaço;</p> <p>Cientistas usam o espaço relativo (ou um pedaço do espaço absoluto) para a formulação de suas teorias;</p> <p>Em um movimento circular, a força de inércia é considerada força centrífuga.</p> <p>Um jogador de futebol distraído, ao chutar uma bola de boliche, percebe que sua força de inércia é maior que a da bola de futebol;</p> <p>O movimento relativo depende do referencial adotado;</p> <p>Um objeto parado está em movimento em relação ao objeto deslocando-se;</p> <p>Isaac Newton realizou uma experiência onde provaria a existência do movimento absoluto;</p> <p>Não consigo imaginar movimentos absolutos em meu dia-a-dia;</p> <p>A força de inércia no movimento circular é considerada centrífuga;</p> <p>Força centrífuga manifesta-se como reação à centrípeta.</p> <p>A matéria interage por meio de forças;</p> <p>Quanto maior a inércia do objeto, maior a força necessária modificar seu estado.</p>
F:	<p>O espaço é espaçoso.</p> <p>O espaço é ocupável.</p> <p>A preguiça é a inércia.</p> <p>Inércia é de Newton.</p> <p>O movimento relativo é aparente.</p> <p>O movimento relativo não é real.</p> <p>O movimento absoluto é real.</p> <p>O movimento absoluto é verdadeiro.</p> <p>A força centrífuga é usada na máquina de lavar.</p> <p>A força centrífuga é usada quando corremos em círculo.</p> <p>Força é intensidade.</p> <p>Força gera movimento.</p>	<p>Espaço: O espaço pode ser relativo.</p> <p>O espaço pode ser absoluto.</p> <p>Inércia: A inércia influencia o movimento.</p> <p>Newton postulou a inércia.</p> <p>Movimento relativo: Movimento relativo não recebe forças.</p> <p>Movimento relativo não é real.</p> <p>Movimento absoluto:</p> <p>Movimento absoluto recebe força.</p> <p>Movimento absoluto é real.</p> <p>Força centrífuga.</p> <p>Força centrífuga está presente no movimento absoluto.</p> <p>Força centrífuga não está presente no movimento relativo.</p> <p>Força</p> <p>$F=m.a$</p> <p>A força define o movimento.</p>
N:	<p>Onde as coisas existem e acontecem é o espaço.</p> <p>Inércia é a tendência de manter-se como está quando não há força.</p>	<p>Espaço: relação entre corpos.</p> <p>Espaço: lugar onde tudo existe, independente de todas as coisas.</p> <p>(visões diferentes).</p>

Movimento relativo é quando observamos o movimento de duas coisas que se movem independentemente.

Movimento absoluto é um movimento que existe independentemente do referencial.

Força centrífuga é o que tira do movimento circular.

Força é uma força (desculpe, não é uma piada, é que eu tenho pra mim que a força é a primeira coisa de todas, é literalmente aquele negócio lá... aquela ação lá... sabe? Espaço é até onde vai o Universo.

Inércia é o que permite deduzir que um movimento continuaria infinitamente se nada agisse sobre ele.

Movimento relativo é a interação que há entre os movimentos.

Movimento absoluto é o deslocamento de um objeto que não é nulo indiferente de com qual outro objeto ele for comparado.

Força centrífuga puxa para fora quando se quer ir para dentro.

Força tem relação com o movimento, gerando ele ou impedindo-o.

Inércia: tendência de permanecer como está.

Inércia: força ou consequência.

Movimento relativo: variação de um espaço relativo.

Movimento relativo: de um observador, “ele” se move. De outro está parado. (Considere “ele” = golfinho em um universo cheio de outros golfinhos observadores).

Movimento absoluto: é o movimento que variará o espaço absoluto, ou seja, é aquele que fará variar sua posição no espaço total.

Movimento absoluto: absoluto a todo e qualquer movimento que sofrerá ação da resistência da força de inércia e também os movimentos retilíneos que se moverem em relação ao resto de todas as outras coisas.

Força centrífuga: força que tenta tirar o corpo do movimento circular.

Força centrífuga: inércia.

Força: ação que gera uma aceleração, uma tendência a essa ou pelo menos uma modificação em seu módulo, sentido ou direção.

Força: A maior oponente da inércia.

R:	<p>O espaço pode ou não ser preenchido. Não há lugar privilegiado no espaço.</p> <p>Os idosos tem dificuldade de transporte público por conta da inércia. É mais difícil quebrar a inércia, por isso a 1ª marcha é sempre a mais forte.</p> <p>Dois carros estão a 100 km/h no mesmo sentido, portanto, o movimento relativo é 0 km/h.</p> <p>Duas pessoas correm em sentidos opostos, portanto, o movimento relativo será a soma de suas velocidades.</p> <p>Um ciclista pedala e se desloca a 10 m/s em relação à Terra. Este é seu movimento absoluto.</p> <p>Não há consenso sobre força centrífuga (nem torque) entre os cientistas.</p> <p>Todos aplicam uma força na Terra. A Terra aplica uma força em cada ser humano.</p>	(Não entregou)
----	---	----------------

H:	<p>O espaço entre o IF e o IME é de 50 m.</p> <p>A guerra das trincheiras tomou um espaço de dois anos.</p> <p>A inércia que sentimos no circular traz desespero.</p> <p>Tirei o pé do acelerador para aproveitar a inércia.</p> <p>Pelo movimento relativo entre estes dois motoristas, é visível que o da frente já cansou.</p> <p>Pelo movimento relativo destes dois carros, se o que está atrás não frear, irá bater.</p> <p>A expansão do Universo é um movimento absoluto.</p> <p>Este brinquedo circular gera a adrenalina da força centrífuga.</p> <p>Quanto mais rápido está máquina girar, maior será a força centrífuga.</p> <p>Precisa-se de muita força para empurrar este carro atolado.</p> <p>Qualquer golpe deste lutador é imbuído de muita força.</p>	<p>Mantenha 100m de espaço entre as pilastras.</p> <p>O experimento do balde favoreceu o espaço absoluto.</p> <p>Devido a causas externas, foi rompida a tendência de inércia deste corpo.</p> <p>A inércia de um carro diminui em o freio de mão.</p> <p>Pegue a outra margem do rio para medir o movimento relativo do barco.</p> <p>O movimento relativo da Terra comparada a Plutão é imenso.</p> <p>Bem que Newton procurou um exemplo de movimento absoluto mas não achou.</p> <p>Identificar o movimento absoluto daria um nó em nossas cabeças.</p> <p>Quanto maior a força centrífuga de uma máquina de lavar, melhor ela é.</p> <p>Se uma bola se desprende somente com força centrífuga, ela irá ir pela tangente da trajetória.</p> <p>É preciso muita força pra tirar um caminhão do estado de inércia.</p> <p>A força produzida por um tempo gera um impulso.</p>
----	---	---

Tabela 6.4. Respostas à questão 4: Imagine uma roda no espaço vazio. Como podemos saber se ela está girando?

Participante	Antes	Depois
O:	Não sabemos. Aceitamos como uma certa forma de axioma, tanto a roda poderia estar girando como o espaço poderia estar girando.	Através do espaço absoluto, se ele estiver girando em relação a ele, a roda está girando.
D:	Podemos saber se a roda está girando se ela percorrer uma distância.	Como a roda está no espaço vazio, não podemos dizer se ela está girando ou não, uma vez que analisamos o movimento sempre com relação a outros corpos.
V:	Tocando-a. Se a tocamos e nossa mão for levada para alguma direção, podemos dizer que ela está girando, mas apenas observando-a seria impossível se não tivéssemos um referencial.	Não há como saber se não houver referencial, mas caso haja como saber se ela está ou não realizando algum tipo de força, há como saber se ela está ou não girando. (Isso de saber se apresenta forças ou não, será válido se o “referencial” for o espaço vazio).
J:	Não sabemos. Se a roda tiver hastes, como no desenho, podemos ver as hastes se movendo e imaginar que a roda gira. Entretanto, o que pode estar girando é o meu conceito de	Como não tenho referencial, nunca saberei se a roda gira. Entretanto, caso esteja realmente girando, será um movimento absoluto.

	espaço vazio, e a roda pode estar intacta. E, como não posso atingir tal espaço, nunca chegarei a um conhecimento real sobre isso.	
F:	Não há como saber.	Não poderia saber pois não há um referencial.
N:	Não sei, não posso colocar nada na roda, pois nada mais existe, não posso tocar, não posso ver seu raio... não sei... não cheguei a conclusão alguma.	Se a estiver sentindo forças inerciais centrífugas, ela estará girando.
R:	Tocando-a ou lançando luz sobre ela.	(Não entregou)
H:	(Em branco)	Só é possível averiguar se o observador tiver algum referencial, e como não tem, não é possível determinar.

Tabela 6.5. Respostas à questão 5, frase 1- ESPAÇO: Se fizemos um experimento em certa região do espaço, e então repetirmos este mesmo experimento em outra região, obteremos o mesmo resultado.

Participante	Antes	Depois
O:	Nessa frase, espaço significa lugar imutável.	Sim, pois pelas propriedades do espaço absoluto ele é imutável em toda a sua extensão.
D:	Espaço significa lugar.	De fato, uma vez que o espaço aqui tratado como lugar/região é homogêneo, igual em suas características.
V:	Ambiente.	Se pensamos no espaço vazio, sim, porém se pensarmos no espaço compondo tudo aquilo o que conhecemos, vai depender de inúmeros fatores (forças, por exemplo), caso esses fatores sejam iguais, os resultados também serão.
J:	Lugar.	Nesta frase, está explícito o conceito de espaço relativo, visão determinista e limitada, mas que facilita a compreensão de experimentos. Exemplo semelhante: a fórmula $S=v.t$.
F:	Lugar.	Obteremos pois as leis físicas são as mesmas em todo lugar.
N:	Espaço significa lugar que obedece às leis da física.	Justo. As mesmas leis que valem aqui valem em qualquer lugar. Tente fazer um mesmo experimento na Terra ou em qualquer lugar que apresente as mesmas condições. Obterá o mesmo resultado.
R:	região = lugar/ espaço = Universo.	O espaço seria homogêneo e não influencia os corpos que o ocupam.
H:	Com a premissa das mesmas condições.	Imutabilidade das propriedades estabelecidas pelo próprio espaço.

Tabela 6.6. Respostas à questão 5, frase 2 - ESPAÇO: É impossível imaginar uma experiência capaz de demonstrar que um objeto ocupa uma posição x ao invés da posição y no espaço

Participante	Antes	Depois
O:	Não entendi a frase.	Sim, pois considerando o espaço como absoluto, ele é imutável em toda a sua extensão.
D:	Três dimensões.	“Espaço” como espaço vazio, referencial absoluto.
V:	Ponto em algum lugar.	Sim, pois não há como se referenciar no espaço, a não ser que haja referenciais nesse espaço, porém, se houver o referencial, o referencial será o objeto e não o espaço.
J:	$S = v.t$ (não caracteriza posição).	A frase acima só estará correta se não existir nenhum referencial próximo ao objeto, no qual poderíamos buscar seu movimento relativo. É usado o conceito de espaço absoluto.
F:	Posição.	(Em branco)
N:	O espaço novamente é um lugar que se aplicam as leis da física.	Para qualquer posição que você posicione seu eixo coordenado nunca a posição indicada será errada pois os outros corpos seguirão coordenadas relativas a esse mesmo eixo.
R:	Espaço = Universo/ ocupa – não há referencial privilegiado.	O espaço é indetectável e indistinguível, ou seja, é impossível determinar sua origem.
H:	Não sei.	Intransponibilidade do mesmo corpo ocupar 2 locais distintos.

Tabela 6.7. Respostas à questão 5, frase 3 - INÉRCIA: A lei da inércia divide os movimentos em duas classes: o movimento que um corpo faz por si só e os outros movimentos, que ocorrem devido a causas externas.

Participante	Antes	Depois
O:	Concordo. Nessa frase inércia significa causa.	Sim, pois enquanto a inércia atua, o movimento permanece o mesmo. Atuando uma causa externa sobre o movimento ele “perde” esta inércia e entra num movimento diferente.
D:	Repouso/sem aceleração.	“Inércia” como estado original onde movimentos por si só seriam repouso e MRU e movimento devido a causas externas: MRUV, MCUV/MCU.
V:	Não faz sentido.	Sim, a lei da inércia tende a deixar o corpo no seu movimento natural ou pode, também, resistir uma força (causa externa) para que o corpo não saia de seu movimento natural.
J:	(Em branco)	O movimento característico do corpo ocorre devido à sua massa e aceleração, podendo ser movimento de resistência (pedra resistindo a sair do lugar, carro resistindo a desacelerar). A força desse movimento definirá a força dos movimentos externos.
F:	Movimento.	A inércia é a força que impede ou dificulta o movimento.

N:	Os movimentos que tem força agindo alterando a velocidade e os que não.	Os movimentos que os corpos fazem por si não possuem aceleração e tendem a permanecer assim. Quando saem desse “padrão” a inércia tende a fazê-los voltar.
R:	inércia – tendência.	Movimentos inerciais ocorrem sem forças externas e tendem a permanecer como estão (repouso ou MRU), enquanto os não-inerciais s[p existirão acompanhados de causas externas.
H:	Devido a forças internas e externas.	Ela é composta, sendo ou não mutuamente exclusivos.

Tabela 6.8. Respostas à questão 5, frase 4 - ESPAÇO: As propriedades do espaço estão estreitamente ligadas às da relatividade do movimento.

Participante	Antes	Depois
O:	Concordo, pois o espaço está sendo usado como localização, isto é, para cada movimento o espaço se adéqua ao movimento.	Não, pois independente do movimento e dos corpos, as propriedades do espaço são fixas.
D:	Distância.	“Espaço” como referencial ou distância entre corpos em movimento.”
V:	Não faz sentido.	Sim, pois o movimento pode ser tanto relativo quanto absoluto, pode ser relativo a um corpo que esteja no espaço ou absoluto ao espaço, onde será, na verdade, o seu movimento real.
J:	(Em branco)	Não concordo: a nossa definição de espaço é que está ligada às da relatividade do movimento, pois as propriedades do espaço não estão sujeitas à mudança.
F:	Estrutura	Pois para um espaço relativo depende do movimento.
N:	Pois o espaço entre os corpos não é relativo, mas a velocidade deles (entre eles é).	Justo! Se você acredita em um espaço absoluto você cria movimentos absolutos, se seu espaço é relativo, todos seus movimentos também são.
R:	Regiões do Universo.	Podemos nos questionar se o movimento verdadeiro é aquele com relação ao espaço absoluto, outros corpos, Universo como um todo, etc.
H:	Não sei.	Dependência formal da própria construção do espaço.

Tabela 6.9. Respostas à questão 5, frase 9 - INÉRCIA: A inércia pode ser entendida como um poder de resistência.

Participante	Antes	Depois
O:	Concordo, pois para um movimento retilíneo uniforme “transformar” em um outro movimento ele altera sua velocidade, aumentando ou diminuindo, com isso, há uma certa resistência para que essa variação aconteça.	É a capacidade de resistir a um movimento, por exemplo, num corpo parado ele tem uma inércia de entrar em movimento.
D:	Massa.	Inércia como tendência a manter o movimento/repouso que varia o movimento natural de um corpo. Se tento mudar o “natural” a natureza resiste.
V:	Não faz sentido.	Sim, pode ser entendida como uma força de resistência, pois a mesma só atua quando uma outra força age sobre um corpo, fazendo com que a força de inércia entre “em ação”.
J:	Poder que varia de acordo com as características do corpo.	Exatamente. O corpo resiste à mudança de movimento, mudança essa estritamente ligada com a massa.
F:	Força.	Pois ela dificulta ou impede o movimento.
N:	Tendência de se manter em movimento retilíneo uniforme.	Se um corpo se move com aceleração, a inércia tende a resistir a isso tentando fazê-lo voltar ao movimento retilíneo uniforme ou a ficar parado.
R:	Ou como a força da tendência.	Sim, pois é a reação a outra força aplicada anteriormente.
H:	Visto que ela atua para manter o movimento.	Subjetividade das interpretações que não altera a essência.

Tabela 6. 10. Respostas à questão 5, frase 6 - MASSA e INÉRCIA: Se um corpo tivesse massa nula, ele não teria inércia.

Participante	Antes	Depois
O:	Concordo, pois para um corpo estar em movimento, ele necessariamente tem massa, e com isso ele tem inércia.	O corpo continuaria tendo inércia, pois resistiria o ato de entrar em movimento.
D:	Massa se refere a peso. Inércia: tendência em se manter em repouso caso forças externas agissem sobre ele.	Massa e inércia possuem o mesmo valor numérico, embora seus conceitos sejam diferentes.
V:	Não faz sentido.	Teoricamente sim, como descrito por

		Newton, quanto menor a massa, menor será sua inércia, então se um corpo tiver massa nula, ele terá inércia nula.
J:	A inércia depende da massa.	Concordo. Considerando um ponto material, este não teria força para resistir a mudança de movimento.
F:	Sem massa, sem corpo.	Pois a inércia depende da normal.
N:	Ok.	É a massa do corpo que está ligada a sua tendência de ficar em estado de inércia quanto mais massa mais a sua inércia será resistiva a qualquer tipo de aceleração.
R:	Massa – peso que independe de campo/ inércia – tendência natural.	(Não entregou)
H:	Admissível.	Correlação que demonstra a ligação intrínseca entre as duas definições.

Tabela 6.11. Respostas à questão 5, frase 7 - ESPAÇO: O espaço é independente da matéria.

Participante	Antes	Depois
O:	Concordo, pois um espaço pode conter o vazio ou o vácuo.	Sim, independente da matéria ele continua existindo.
D:	Certamente a matéria existe só porque tem um espaço, o contrário não é verdadeiro.	O espaço é independente da matéria porque ele é absoluto.
V:	Não sei.	(Aqui é minha opinião?). O espaço é independente da matéria, um não existe sem o outro, se não há espaço não há matéria, se não há matéria, não faz sentido ter espaço.
J:	Concordo plenamente! E a matéria é dependente do espaço.	Aqui, o espaço é visto como algo real. Tal frase expressa quase uma “crença metafísica”, pois nunca poderemos provar sua veracidade.
F:	Lugar.	Pois o espaço é absoluto.
N:	Pois existe o nada e o vácuo.	Ele é absoluto, se tudo deixar de existir, o lugar onde tudo existirá continuará a existir.
R:	Espaço – lugar/região.	O espaço existe, é absoluto e nele podem (ou não) ser inseridos objetos materiais.
H:	Concordo.	O espaço absoluto realmente, como o nome já diz, não necessita de nada para existir.

Tabela 6.12. Respostas à questão 5, frase 8 - MOVIMENTO: O movimento real no espaço é diferente do movimento relativo de um corpo.

Participante	Antes	Depois
O:	Um movimento sem ser submetido a qualquer referencial, é real, ele	Sim, pois num movimento real existe uma força atuando sobre o corpo e num

	pode ser uniforme ou variado ao se referenciar a algum corpo esse movimento pode mudar.	movimento relativo o movimento varia de acordo com o observador.
D:	Deslocamento.	Movimento como resultado de forças impressas sobre ele (o corpo).
V:	Não sei.	Sim, se compararmos um movimento relativo a um corpo no espaço, notamos resultados diferentes. Um movimento relativo a um corpo pode ser um movimento diferente em relação ao espaço.
J:	Não entendi.	O movimento relativo pode não ser verdadeiro (um objeto parado pode estar em movimento com relação a outro). Já o movimento real é sempre “confiável”. Concordo com a frase em questão.
F:	Verdadeiro/aparente.	Pois depende da inércia ou não de um corpo.
N:	Não sei.	O movimento real é uma variação do espaço absoluto. O movimento relativo é o movimento dessa partícula com relação a qualquer outra coisa, então o relativo pode ser, ao mesmo tempo nulo, ou não nulo.
R:	Deslocamento.	O movimento verdadeiro é aquele com relação ao espaço absoluto, enquanto movimentos relativos podem ser observados ou aparentes.
H:	Pois muda-se o referencial.	Por questão de ter o referencial certo.

Tabela 6. 13. Respostas à questão 5, frase 9 - INÉRCIA: A inércia depende das propriedades do espaço.

Participante	Antes	Depois
O:	Se o espaço está intrinsecamente ligado ao movimento referencial, e este por sua vez está relacionado a inércia, com isso o espaço depende da inércia.	Sim, pois se o espaço é absoluto, a inércia é a mesma no corpo independente de onde, já no espaço relativo a força inercial não existiria pois não é possível medir um movimento.
D:	Repouso.	Inércia como resistência a um movimento não natural.
V:	Concordo com o conceito.	Sim, assim como no espaço de Einstein, o formato do espaço interfere em muitas coisas. As propriedades do espaço de Newton interferem na inércia.
J:	Não sei exemplificar.	Como a inércia é uma característica inerente da matéria e a matéria depende intrinsecamente do espaço, as relações

		inércia-espço são de dependência.
F:	Força	(Em branco)
N:	Pois as prioridades do espaço são as leis que o que está nele obedecem.	Se o espaço for absoluto ele proporcionará uma força inercial em um corpo que nele se move.
R:	tendência do movimento.	Sim, pois seria o espaço absoluto que aplicaria as forças de inércia.
H:	Visto que ela vai atuar na dependência de fatores externos.	Os fatores externos influenciam.

Tabela 6. 13. Respostas à questão 5, frase 10 - FORÇA DE INÉRCIA: A força de inércia pode ser considerada tanto passiva (efeito), como ativa (causa).

Participante	Antes	Depois
O:	Não sei.	Sim, a força de inércia é passiva do movimento retilíneo uniforme e ativa num movimento circular.
D:	Força que dificulta o movimento.	Força de inércia como força inerte da matéria; passiva pois se demonstra quando forças são exercidas sobre o corpo e ativa pois ao resistir a uma força externa, acaba “impulsionando” para modificar seu estado natural.
V:	Não entendo.	Sim, ela age de maneira passiva quando resiste uma força externa e age ativamente quando tende a deixar um corpo em seu movimento natural.
J:	Pode atuar no corpo de diferentes formas.	Exemplo de força de inércia passiva: força centrífuga. Exemplo de força de inércia ativa: (em branco).
F:	Objeto.	Pois depende do movimento avaliado.
N:	A continuação depois da força é o efeito, então ele continua o movimento inercialmente, a causa não sei.	Como efeito da “não ação” de forças, o corpo permanece como está, ou seja, é efeito passivo. Quando você tenta acelerar um corpo a inércia passa a agir, ou seja, é a causa de um movimento.
R:	Não sei.	A força de inércia pode ser o efeito (ou reação) de outra força e também, a ação primeira de outra força.
H:	Esta classificação é válida a partir do momento analisado.	Assim observado de melhor forma pela terceira lei de Newton.

Tabela 6. 14. Respostas à questão 5, frase 11 - MOVIMENTO/FORÇA CENTRÍFUGA: A Terra é achatada nos polos pela força centrífuga, que surge porque a Terra realiza um movimento absoluto em relação ao espaço.

Participante	Antes	Depois
O:	O espaço achata a Terra devido ao seu movimento.	Sim, pois num movimento verdadeiro, o corpo num movimento circular experimenta uma aceleração e uma força centrífuga que achata a Terra.
D:	Força na direção radial que aponta para o centro. Movimento se refere a deslocamento.	Movimento como alteração de um estado natural não acelerado e força centrífuga como força de reação ou força de inércia.
V:	Não faz sentido pra mim.	Sim, a Terra é achatada devido a força centrífuga, que é máxima na zona equatorial e vai diminuindo em direção aos polos até se anular.
J:	Rotação - força centrífuga.	Podemos perceber a veracidade da frase ao constatar que a força centrífuga é uma força de inércia, e que forças assim só aparecem em movimentos verdadeiros.
F:	Força.	Pois a força centrífuga só está presente em movimentos verdadeiros.
N:	Não sei.	A Terra, por estar girando, tende a escapar pela tangente, então ela sofre uma força de inércia que a achata.
R:	Movimento - deslocamento	(Não entregou)
H:	Não sei.	Demonstração observável de um movimento absoluto no espaço.

Tabela 6.15. Respostas à questão 5, frase 12 - FORÇA CENTRÍFUGA/FORÇA DE REAÇÃO: As forças centrífugas e as forças de reação (na terceira lei de Newton) são de mesma natureza.

Participante	Antes	Depois
O:	Não sei.	Sim, elas são de mesma natureza, pois aparecem num movimento retilíneo num referencial verdadeiro, isto é, no espaço absoluto.
D:	Isso acontece pois ambas “nascem” de uma causa. Elas são um efeito.	São de mesma natureza porque ambas tendem a mudar o estado natural de um corpo, além de possuírem como causas o espaço e o movimento não inercial.
V:	Concordo.	Sim, ambas são forças inerciais. Ambas querem levar o corpo ao seu estado natural.
J:	São contínuas.	Sim. No caso, a força centrífuga é uma força de reação.
F:	Força.	São forças que dependem de outras.
N:	Não sei.	A força centrífuga é uma reação ao corpo estar em movimento circular, ou seja, é uma reação a ação da força centrípeta. Bem como as forças de reação.

R:	Ou seja, dependem das outras.	(Não entregou)
H:	(Em branco)	Correlação descritiva de terminologia.

Tabela 6. 16. Respostas à questão 5, frase13 - INÉRCIA: Devido ao princípio da inércia, para manter um planeta em órbita ao redor do Sol, é necessária uma força em direção ao Sol e não tangente ao planeta.

Participante	Antes	Depois
O:	Não sei.	É necessária uma força em direção ao Sol, pois no movimento verdadeiro é nesse sentido da força que o Sol vai orbitar.
D:	Só pela existência, do princípio da inércia, isso implica que o corpo tenderia em manter movimento retilíneo, no entanto tem que existir uma força (centrípeta), para então fazer uma trajetória circular.	Inércia como tendência a manter o MRU ou repouso.
V:	Não entendo.	Exatamente, a força resultante para que haja a órbita deve ser em direção ao Sol. Por isso que tal força é nomeada de força resultante centrípeta.
J:	Força centrífuga.	Exato, pois, como a força centrífuga é uma força de reação, ela só se manifesta quando houver a força centrípeta (em direção ao Sol). Assim, é definida a órbita da Terra ao redor do Sol.
F:	Força.	(Em branco)
N:	Pois se não seria um movimento circular acelerado tangencialmente.	Perfeitamente, pois se ela não for radial, ele escapará para o movimento retilíneo ou acelerará tangencialmente.
R:	Tendência.	Sim, pois pela inércia os planetas sairiam da órbita pela tangente ao movimento. Com a força em direção ao Sol (força centrípeta), estes planetas ficam “presos” à órbita.
H:	Concordo com a gravidade.	Não entendi.

Tabela 6. 16. Respostas à questão 5, frase 14. MASSA: A massa inercial é diferente da massa gravitacional.

Participante	Antes	Depois
O:	Não sei.	Sim, pois são numericamente iguais e causalmente diferentes. Por exemplo, a massa inercial é a massa de um corpo e a massa gravitacional é referente ao peso do

		corpo.
D:	A massa inercial é inerente ao corpo, enquanto a massa gravitacional pode variar em certas regiões do espaço.	A massa inercial é aquela necessária para impedir uma possível alteração do movimento. A massa gravitacional é caracterizada pela tendência intrínseca da matéria em atrair matéria.
V:	Não entendo.	Sim, a massa inercial é uma medida quantitativa da resistência de um objeto para a mudança de sua velocidade. A massa gravitacional é uma medida da magnitude da força gravitacional que é exercida por um objeto.
J:	Não entendi/não sei.	Sim: a massa inercial determina a força necessária para o movimento violento do corpo, enquanto a gravitacional (seu peso) segue leis naturais. Ex.: um corpo de maior peso sempre exercerá gravidade sobre o de menor peso.
F:	Nada a opinar.	São diferentes, porém de mesmo valor.
N:	Não sei.	Mas mesmo assim tem mesmo módulo (admita para você Mari, que não entendi muito bem esse lance aí...)
R:	Massa inercial – massa/ massa gravitacional – peso.	(Não entregou)
H:	Não sei.	Não há correlação entre as definições, são iguais por coincidência.

Tabela 6. 17. Respostas à questão 5, frase 15 - INÉRCIA: Sempre que uma força produz muito pouca mudança na velocidade de um corpo, dizemos que o corpo possui um alto grau de inércia.

Participante	Antes	Depois
O:	Sim, pois ele tende a estar parado.	Sim, pois a inércia é uma dificuldade que o corpo tem em variar sua posição no espaço.
D:	Produzir pouca mudança na velocidade implica em pequena aceleração. Se dado uma força que produz pouca aceleração, isso acontece pois a massa possui alto valor.	Inércia como massa. Para uma dada força constante, quanto maior a massa, menor a mudança de velocidade.
V:	Sim, pois tende a ficar parado.	Sim, pois isso mostra que o corpo está resistindo mais a essa força que está sendo aplicado sobre ele.
J:	Este é o conceito de inércia que aprendemos como estudantes de física.	Aqui usarei a analogia da bola de boliche: ao chutar uma bola de plástico e uma de boliche, define-se a última como tendo mais inércia – pois é mais difícil movê-la.
F:	Nada a opinar.	(Em branco)

N:	Pois o corpo tende muito a ficar parado ou já está em um movimento tão rápido que é difícil demais alterar sua velocidade tanto para mais como para menos.	Pois a força não é suficiente para tirá-lo do seu estado de inércia. (Mas isso está um pouco errado, pois o corpo pode não ser tão grande, criando o mesmo efeito citado. Pense em um golfinho pequeno e uma força de módulo 0,000000000000001 Newton. Essa força não surtirá tanto efeito assim, mas nem por isso o pequeno golfinho possui alto grau de inércia.
R:	Tendência a se manter como está.	Sim, ou algo grau de “resistência”, pois esta é um dos papéis que cumprem as forças de inércia, ou seja, manter o estado de movimento do corpo.
H:	Não sei.	Definição inversamente proporcional observável.

APÊNDICE E – TRANSCRIÇÃO DAS FALAS NO GRUPO FOCAL

ENCONTRO 1

((Contexto prévio: participantes foram apresentados aos objetivos da pesquisa, fizeram as redes conceituais e responderam o questionário. Ao quase finalizarem este último, eles iniciaram uma discussão sobre a quarta questão))

- 1 **D:** Eu não entendi esse da roda, porque se você tá olhando você sabe se ela tá girando ou não.
- 2 **M:** ((Inaudível))
- 3 **N:** Assim, imagina um círculo ((pausa)) é que pra mim parece um negócio muito estranho, porque tipo assim. Imagina um círculo preto, só preto. Nada, não tem nenhum raio, não tem nada.
- 4 **O:** Sim, sim.
- 5 **N:** E você tá olhando pra ele só, só pra ele. Como você sabe que ele tá girando ou não? É porque essa parte corta esse círculo em pedaços. Se eu tirar esse pedaço e colocar aqui, pegar o pedaço que tá aqui e colocar aqui, é a mesma coisa. A roda permanece igual. Se ela tiver girando ou parada não altera em nada.
- 6 **M:** Você pode pensar que pode fazer alguma medida.
- 7 **D:** Então, isso que eu tava pensando. Eu tava imaginando uma roda tipo de carroça. Tipo uma roda de carroça assim marronzinha e um espaço todo preto. Se essa parte chegar aqui ó ((pausa))
- 8 **N:** Você não vai ver porque a parte que tá no lugar dela é exatamente igual a ela.
- 9 **D:** Não, mas ((pausa))
- 10 **F:** Ela tá aqui girando ((pausa))
- 11 **D:** Essa parte, só vai chegar aqui, no interior, só vai chegar ((pausa))((Inaudível))
- 12 **N:** Esse lápis tá girando ou tá parado?
- 13 **R:** Tá girando.
- 14 **D:** Porque eu consigo ver. Dá pra ((pausa))
- 15 **J:** Depende da posição da roda então ((pausa))
- 16 **N:** Sei lá, eu não consigo ver se eu abstrair.
- 17 **J:** Com relação a mim! Eu to vendo ela de frente.
- 18 **M:** Não, você não tá, você só pode medir as coisas ((pausa)) não tem mais nada

- nesse espaço, só a roda ((pausa))
- 19 **J:** Mas é que ((pausa))
 20 ((Inaudível)) ((Risos))
 21 ((Participantes continuam a responder ao questionário))
 22 ((Inaudível, participante pergunta sobre uma das questões))
- 23 **M:** Sempre que alguma coisa tá girando, é com relação a um objeto, não é? Essa que é a questão.
- 24 **R:** É que pode ficar o Universo inteiro girando e a Terra parada.
- 25 **J:** Isso.
- 26 **N:** É aquilo que ((pausa)) o que eu pensei sobre isso, é que ((pausa)) pera aí.
- 27 **M:** A questão fundamental é, se existe algum movimento que não é relativo a algum objeto. Se existe o movimento verdadeiro.
- 28 **N:** Então, é que esse seria o movimento absoluto. Sabe, porque não importa o jeito que, com quem você compara ele, vai sair o movimento.
 29 ((Gravação interrompida por problemas técnicos e iniciada novamente))
- 30 **M:** Então, como você vai descobrir se ele ((pausa)) a gente, na hora de medir, sempre vai ser com relação a outro.
- 31 **F:** Então não tem ((pausa)) o movimento é sempre com relação a outro.
- 32 **R:** Não tem a questão da ((pausa))
- 33 **F:** Se eu to a dois por hora, você tá a dois por hora, pra mim você tá parado.
- 34 **N:** Então, mas o movimento absoluto que eu tenho pra mim, é um movimento que quando você compara ele com qualquer outro, não importa, quem seja, com qualquer outra coisa. Ele vai estar em movimento!
- 35 **F:** Você viu o que você falou: quando você compara ((pausa)) você tem que comparar.
- 36 **N:** Então, aí, então, foi por isso que eu travei no da roda, porque tipo eu não sei se tá em movimento porque eu não tenho nada pra comparar. Quando eu comparo ((pausa))
- 37 **M:** Essa é a questão.
- 38 **N:** Tipo, a primeira coisa que eu pensei foi comparar comigo. Mas eu não to no ar ((pausa))
- 39 **J:** Mas eu to vendo. Depende do referencial que eu adotar.
- 40 **F:** E se for uma superfície sólida que não reflete nada? Ela vai tá parada, mas girando ao mesmo tempo.
- 41 **N:** Que foi o que eu tentei mostrar.
- 42 **F:** Se a roda tem uma superfície sólida, um sólido, a roda é um sólido. Eu giro uma roda, uma bola de bilhar sem nada em volta. Ela vai tá girando sem refletir nada, ela vai tá parada no tempo. Então você não pode falar isso.
- 43 **J:** Acho que se fosse bola em vez de roda, a gente ia ter uma ideia melhor. Porque uma roda a gente imagina uma roda de carro.
- 44 **D:** Então imagina uma roda de carroça ((pausa))
- 45 **M:** Só que mesmo a roda de carroça, porque quando a gente vai medir um movimento, pensa em linha reta que é o mais simples. Alguém tá andando em linha reta. Eu meço, por exemplo, com relação a mim. Ele tá variando a distância com relação a mim, agora se for uma roda, você não vai ter outra coisa pra medir. Se for com relação a roda, sempre vai ter a mesma distância, porque a roda tá ((pausa)) é um objeto fixo ali. Mesmo que seja, pode ser qualquer roda, vale isso. A roda como ((pausa)) essa daí de carroça. Se você mede sempre com relação a ela mesma, a distância entre os pontos sempre é a mesma. Então não dá pra ver se tá girando.
- 46 **F:** Acho que o único jeito seria se você pegasse uma bola maciça branca igual a de bilhar, colocasse um traço. Se o traço se movesse.

- 47 **N:** Então, eu pensei nisso, mas ((pausa)) ((Inaudível))
- 48 **F:** Não tem como saber.
- 49 **N:** Eu não sei. Eu realmente não faço a menor ideia.
- 50 **M:** Então, mas mesmo com um traço, você ia medir a distância do traço com relação a quê?
- 51 **F:** Ao próprio traço. O traço tá aqui não tá? Se ele tiver aqui 10 segundos.
- 52 **M:** Você tá marcando uma coisa aqui né? Como você vai fazer pra marcar?
- 53 **F:** Então, é o que ele falou, eu não posso marcar. Só que se eu pudesse chegar lá e fazer um traço ((pausa))
- 54 **M:** Tá, vamos pensar. Vamos supor que a roda já tem um traço.
- 55 **F:** Ela já tem um traço ((pausa)) então se ela tiver rápida ((Inaudível)).
- 56 **M:** No caso você imaginaria uma vertical e ia comparar com essa vertical imaginária.
- 57 **F:** É, pode ser assim, pode ser imaginado assim.
- 58 **M:** Nessa sua posição, o espaço tá influenciando né. É como se o espaço fosse a estrutura por trás ((pausa))
- 59 **F:** Pensando que o espaço tá parado né, porque ((pausa))
- 60 **N:** Porque o espaço ((pausa))
- 61 **F:** A bola tá aqui na minha frente. Aqui tá o traço. O espaço tá parado, eu to parado também. Se a bola tiver parada o traço vai tá aqui. Se ela tiver se movimentando vai tá aqui. Se ela tiver rápido de mais não vai dar pra ver.
- 62 **M:** É que nem esse caso aí, já não serve, porque ((pausa)) eu pus o traço só pra gente pensar mesmo, mas eu to pensando agora que não serve, porque é como se tivesse dois corpos né?
- 63 **F:** Sim.
- 64 **M:** Porque você tem o traço e tá comparando com a roda.
- 65 **N:** Ela tá onde? Ela tá no nada ou tá no espaço? Porque se ela tá no nada. Só ela existe, só. Então, pra mim, o espaço é onde as coisas existem.
- 66 **V:** Porque o nada é o espaço!
- 67 **M:** Tipo, pra mim ((pausa))
- 68 **F:** Você pode, tipo ((pausa)) ((Inaudível)).
- 69 **N:** Então, foi exatamente isso que eu escrevi lá. Faça um lugar que pode ser ou não, ou já é, ocupado por algum tipo de matéria. Seja ela do tamanho que ela for.
- 70 **J:** O espaço é independente da matéria! A matéria que é dependente do espaço. Mas o espaço pode existir sem matéria.
- 71 **F:** Então, o espaço existe sem a matéria. A matéria não existe no espaço.
- 72 **N:** Então, o espaço é o lugar que pode ser ocupado por matéria, mas não precisa.
- 73 **F:** Não né.
- 74 **N:** Foi isso que eu to querendo dizer, tipo, se ((pausa)) o espaço, vamos supor, que a gente perdeu um troço assim no nada ((pausa))
- 75 ((Risos))
- 76 **N:** Ele tá parado.
- 77 **M:** Ele tá parado ou ele é ((pausa))
- 78 **R:** Ele é o nada ou ele é o próprio?
- 79 **N:** Eu acho que o nada é o infinito. É tudo.
- 80 **R:** O nada é o espaço então?
- 81 **N:** Não, calma aí, agora você me confundiu.
- 82 **V:** Não, o nada é o espaço! Nada é o espaço!
- 83 **R:** O nada é o infinito, mas o nada é o espaço também? Ou não?
- 84 **N:** Porque o nada não pode ser ocupado por matéria.

- 85 **F:** Lógico que pode!
- 86 **N:** Não!
- 87 **F:** Lógico que pode! Aqui não tem nada, mas tem uma matéria,
- 88 **N:** Oi?
- 89 **F:** Aqui não tem nada, mas tem uma matéria. Se a matéria ((pausa))
- 90 **N:** Não, aqui onde eu to segurando tem coisas, tem átomos. Então isso pode ser considerado um espaço. Mas depois do Universo, a matéria não pode chegar.
- 91 **F:** Mas se o Universo é infinito, o que você quer dizer com depois do Universo?
- 92 **N:** Quem disse que o Universo é infinito?
- 93 **F:** O efeito Doppler ((pausa))
- 94 **O:** Você acabou de falar ((Risos))
- 95 ((Risos))
- 96 **N:** Mas o que vem depois do espaço? Antes da expansão? Não existe nada lá.
- 97 **J:** Antes do Big-Bang. O que que havia?
- 98 **F:** Deus.
- 99 **M:** Aí entra uma outra questão ((pausa))
- 100 **F:** É religião.
- 101 **M:** Vamos começar a discussão sobre o espaço e aí vocês vão ver isso aí. E a gente vai indo até vocês falarem: quero ir embora! Não aguento mais ((pausa)) é ((pausa)) primeiro, o que é espaço pra você? Vocês estão achando que é uma coisa que é independente de tudo, é tipo uma caixinha onde você coloca as coisas.
- 102 **F:** Que nem ela falou, espaço é espaçoso. Porque tipo, tudo o que é ((pausa)) pode ocupar um lugar é o espaço. O espaço é algo que pode ser ocupado.
- 103 **J:** Pra mim o espaço é tudo, mas o que você ((Inaudível)) tá dentro desse tudo.
- 104 **F:** Só que você ((pausa))
- 105 **J:** Tudo tá envolto pelo espaço.
- 106 **O:** Pra mim o espaço é uma coisa ((pausa))
- 107 **J:** Não existe nada fora do espaço.
- 108 **R:** Eu acho que o espaço ((pausa))
- 109 **M:** Se você tirar tudo, continua existindo o espaço?
- 110 **J:** Sim, o espaço vazio.
- 111 **R:** Eu acho que o espaço é uma ideia humana na verdade. Tem que pensar assim. O espaço independente de matéria, independe de tempo, independe de qualquer outra coisa. Mas ele é uma ideia humana. Depende da gente pensar nele. Ele não ((pausa)) não é que ((pausa)) porque é difícil condicionar a existência dele.
- 112 **J:** É, mas ((pausa))
- 113 **R:** Quando eu penso espaço eu sempre lembro do contínuo quadridimensional e as coisas existindo ou não em determinados lugares, mas ((pausa)) só existe o contínuo quadridimensional porque a gente pensa nele. A natureza não funciona naturalmente independente de a gente pensar nela ou não.
- 114 **N:** Se todos nós morrêssemos, o espaço iria deixar de existir?
- 115 **R:** Tal como a gente entende sim.
- 116 **N:** Não! Não ((pausa))
- 117 **F:** Ó, uma comparação ((pausa))o dinheiro. O dinheiro é um papel com cor. Se todo mundo mudar de ideia o dinheiro para de ser dinheiro. É papel. O espaço continua sendo espaço, porque todo mundo vai falar assim, o espaço é ((pausa)) vai ((pausa)) uma mochila! A mochila é um espaço. Você muda o objeto, só que aquela dimensão ainda existe, ela ainda é compreendida.
- 118 **R:** Sim! Com certeza! Mas não como nós compreendemos. Ela existe.

- 119 **F:** O fato de ela existir independe ((pausa))
- 120 **R:** O Universo existe. O espaço talvez não. O espaço é um conceito nosso. Você prova a existência do espaço como?
- 121 **F:** O espaço é tudo aquilo que pode ser ocupado. Se o Universo é ocupável, o Universo é algo, ele ocupa algo, então ele tá dentro de um espaço.
- 122 **M:** Posso fazer uma analogia pra ajudar? O que que faz uma família existir?
- 123 **F:** Quando a luz bate no cara ((pausa))
- 124 **M:** Tem que existir o quê na família pra ela existir?
- 125 **R:** Amor?
- 126 ((Risos))
- 127 **M:** Não, o principal. Se não tiver as pessoas ((pausa))
- 128 **J:** O homem não fizer sexo ((pausa))
- 129 ((Risos))
- 130 **F:** Muito sexo ((pausa))
- 131 ((Risos))
- 132 **M:** Mar: Vamos lá. Pra existir uma família, o principal, antes de existir conceito, antes de existir qualquer coisa. O que precisa existir? Gente, o que é fundamental pra existir uma família? As pessoas né?
- 133 **N:** As pessoa que compõem essa família?
- 134 **M:** Independente de se as pessoas são feitas com sexo ou abduzidas de outros planetas.
- 135 **O:** Foram abduzidas ((pausa)) ((Risos))
- 136 **M:** Precisa ter as pessoas, certo? Agora se você tira as pessoas, continua existindo a relação entre eles? Por exemplo ((pausa)) é a mesma coisa da pergunta pro espaço. Por exemplo, eu sou a mãe dele. E é uma relação entre eu e ele. É como se fosse uma relação de distância entre eu e ele. Mas, na família é uma relação de mãe e filho. Se deixa de existir o filho e deixa de existir a mãe, será que continua existindo essa relação?
- 137 **V:** Continua.
- 138 **O:** Continua.
- 139 **J:** O conceito de família continua existindo.
- 140 **F:** Eu afirmo porque, quando o filho morre a mãe continua sendo mãe.
- 141 **O:** E quando a mãe morre, e quando a mãe morre, a mãe continua sendo a mãe do filho.
- 142 **M:** Tá, mas tira os dois.
- 143 **F:** Mas você falou só um, não falou dois.
- 144 **M:** Pode pensar nas variações.
- 145 **N:** Mas eles já existiram?
- 146 **F:** Se tira os dois não, porque a existência de um depende da existência do outro. Em qualquer coisa. Algo só existe porque você tem valor pra esse algo.
- 147 **N:** Então você tá falando que o espaço existe porque existe a matéria.
- 148 **M:** Aí se não tem matéria não tem mais espaço. Sabe, é a mesma questão.
- 149 **N:** Mas se ele ((pausa))
- 150 **F:** Deixa eu concluir
- 151 **N:** Mas se ele tirasse a matéria, no conceito dele o espaço não iria existir. Porque ele falou que se tirar o filho a mãe continua sendo mãe, se tirar a matéria, o espaço continua sendo espaço.
- 151 **F:** Mas quando você tira os dois.
- 152 **M:** É, tira os dois. Acaba a matéria do mundo. Todo mundo da família morreu.
- 153 **F:** E acaba o espaço também? O espaço pode se acabar?

- 154 **M:** Não, acaba a matéria.
- 155 **F:** Não, sim ((pausa)) se acaba a matéria o espaço existe.
- 156 **M:** Pra você existe. É a mesma coisa ((pausa))
- 157 **F:** Mas se você tirar o espaço e a matéria, nenhum dos dois existe mais. Ele não existe ((pausa)) que nem ele tava falando, se tirar a mãe e o filho, como não tem como ((pausa))
- 158 **M:** Mas nós dois somos matéria. Eu não sou uma coisa e ele é outra.
- 159 **F:** Não, sim ((pausa)) posso falar assim. Quando você fala em relacionamento de pessoas, você tem que falar assim: por que que ele é mais importante pra mim do que ele? Porque eu tenho mais consideração por ele. Porque ele tem uma presença maior na minha vida.
- 160 **J:** Tem um vínculo maior.
- 161 **F:** É, tem um vínculo maior. E é diferente de quando tipo, você tá no espaço, você não tem uma relação entre matéria e espaço. Tem só entre matéria e espaço. A matéria é dependente, o espaço é independente.
- 162 **M:** Por quê?
- 163 **F:** Porque o espaço sempre vai existir. A matéria só existe por causa do espaço. A matéria tem que ocupar algo pra ser uma matéria.
- 164 **M:** Você tá querendo dizer então que o espaço pode existir, só que a matéria não pode existir sem o espaço.
- 165 **F:** O espaço pode ser vazio, só que a matéria não pode ocupar o espaço ((pausa)) não pode não ocupar o espaço.
- 166 **O:** Não pode existir matéria sem espaço.
- 167 **R:** Ah, eu entendi o espaço como existindo só a partir da nossa ideia de espaço. Uma coisa que evoluiu historicamente, tá ligado?
- 168 **F:** A mulher, é uma mulher acima de tudo. Ela só vira mãe quando o filho nasce ((pausa))
- 169 **M:** Pessoal, as analogias tem limitações. É bom pensar assim, nó nisso: a pessoa da família são todas iguais, pensa em todos os bonecos iguais com relações entre si. Ou eu sou mãe dele, ele é irmão dela ((pausa)) pensa nisso, nas relações entre nós e nós somos iguais. Somos ((pausa)) eu sou matéria, se for comparar com o espaço, eu sou matéria, ele é matéria, ela é matéria ((pausa)) e a relação entre a gente é o espaço.
- 170 **F:** Eu penso assim, tipo, a mulher é o espaço. Como ela ((pausa)) o filho é a matéria. A mulher vai ser sempre a mulher. Mas quando o filho nasce, ela vira mãe, que é um espaço preenchido. Quando o filho morre, ela continua sendo mãe ((pausa))
- 171 **M:** Não, pera aí. A relação da mãe pro filho seria comparada ao espaço. Aí você tá dizendo que se o filho morre, o que que acontece?
- 172 **F:** O espaço volta a ser uma simples mulher sem o filho.
- 173 **N:** É como uma parte do espaço que uma vez foi ocupado por uma matéria que depois saiu.
- 174 **M:** Mas o espaço sumiu junto?
- 175 **F:** Não. A mulher permanece. A ideia de espaço que ((pausa)) o espaço permanece. A ideia de um espaço ocupado é que some.
- 176 **J:** Pera aí, pera aí. Ó, usando essa analogia. Vocês eram uma família. A sua família deixou de existir, mas o conceito de família ainda existe.
- 177 **M:** Mas, significa que ((pausa)) tá, o conceito existe na cabeça de alguém né?
- 178 **O:** O espaço também ((pausa)) ((Risos))
- 179 **M:** O espaço então, ele é só uma invenção nossa? Um conceito criado? Ou ele ((pausa))
- 180 **N:** Não ((pausa))
- 181 **M:** Ou ele é uma coisa que existe ali. Que conceito já tá entrando em ((pausa))

- ((Inaudível))
- 182 **F:** Eu acho que é uma descoberta, não um conceito.
- 183 **J:** O espaço é uma descoberta?
- 184 **F:** É. O espaço sempre existiu independente da gente.
- 185 **R:** O espaço é um conceito, tanto que ele evolui historicamente. Antes a gente tinha a ideia de espaço só euclidiano, depois não-euclidiano com ((pausa))
- 186 **N:** Eu acho que o espaço ((pausa))
- 187 **R:** Mudou muito ((pausa)) ((Inaudível))
- 188 **F:** Mas você não acha que foi descobrindo aos poucos? O espaço está lá. O espaço está lá. O espaço é um planeta. Isso é, descobrindo aos poucos ((pausa))
- 189 **J:** A gente tá adquirindo a capacidade de descobrir o espaço.
- 190 **N:** Gente, ó ((pausa)) existe, tipo, a gravidade. A gravidade é uma força ou é uma aceleração? Depende. Então, eu acho que o espaço entra nisso também. O espaço é um conceito ou é uma coisa que existe?
- 191 **F:** Eu acho que existe algo, que a gente tá tentando criar um conceito sobre esse algo.
- 192 **M:** De qualquer forma tem um conceito criado aí, independente de se existe ou não. De qualquer forma a gente precisa falar de um conceito, que é o espaço. A gente inventou uma palavra ((pausa)) fala ((pausa))
- 193 **O:** Eu acho que o espaço é como se fosse um axioma. Sem ele eu não íamos conseguir fazer nada. Trabalhar com nada que conseguimos hoje. Criamos algum conceito que define o espaço. Espaço é tudo aquilo ((pausa)) é um lugar que possui matéria, que pode possuir matéria. E a partir disso começamos a construir tudo que temos hoje. Sem isso não teríamos ((pausa))
- 194 **M:** Isso que você tá falando é fundamento pra todas as teorias. Todas as teorias tem que ter um conceito de espaço pra ela poder existir.
- 195 **O:** Então ((pausa))
- 196 **M:** Isso que a gente não discute em nenhum momento da graduação.
- 197 **O:** Eu acho que não necessariamente o espaço existe, mas ele pode tanto existir como não existir, porque não tem como você provar que ele existe. Não tem como você fazer uma observação e falar: o espaço existe, o espaço é isso. Não tem. Mas você ((pausa)) perdi meu raciocínio ((pausa)) ((Risos))
- 198 **R:** Nossa, tava tão bem ((pausa))
- 199 **M:** É ((pausa)) ((Risos))
- 200 **O:** Mas daí, tipo ((pausa)) perdi a linha do raciocínio.
- 201 **M:** Bom, vamos continuar. É um conceito, tá? Vamos estabelecer isso e tentar responder se é uma relação entre coisas ou se é um ente independente, sabe? Se existe independente de qualquer coisa ou se é uma relação. Como se na família a gente tivesse as posições ((pausa))
- 202 **N:** Eu acho que é totalmente independente ((pausa))
- 203 **J:** Mas ele estabelece relações.
- 204 **F:** Ele pode ((pausa)) é ((pausa)) as coisas podem depender dele, mas ele nunca vai depender das coisas.
- 205 **N:** Eu também acho. Eu acho que o espaço é independente.
- 206 **F:** Eu acho ((pausa))
- 207 **M:** É como se fosse uma entidade.
- 208 **N:** É tipo uma borracha. Pronto.
- 209 **M:** Tá ali ((pausa))
- 210 **R:** Mesmo sem a humanidade existiria espaço.
- 211 **M:** E aí você coloca coisa aí dentro.

- 212 **N:** A humanidade poderia existir dentro desse espaço. Ela não existe, mas ela poderia estar lá. Ele tá ali, independente se ela existe ((pausa))
- 213 **F:** Não, não, se a humanidade não existisse, sabe, o homem não ((pausa)) não existe matéria. O espaço continua lá.
- 214 **N:** A nossa humanidade existe. A gente tá aqui. E a gente tá onde? No espaço. Agora finge que a gente desaparece.
- 215 **J:** A gente ainda poderia tá no espaço ((pausa))
- 216 **N:** Eu acho, pra mim, que o espaço continuaria aqui. Então, se a gente voltasse ((pausa))
- 217 **F:** É que assim, eu não acho que o espaço seja uma mola, sabe, que você vai puxando e vai deformando. Ele é aquilo permanentemente. Então, independente de você puxar ou não, ele vai ficar daquele tamanho.
- 218 **M:** Ele é totalmente independente ((pausa)) essa é a visão do Newton ((pausa)) aí depois em relatividade vai ter interferência, a matéria vai interferir no espaço e vice-versa.
- 219 **J:** A matéria vai deformar.
- 220 **M:** Isso a gente pode discutir no último dia. Essa é a visão de Newton. Mas aí, essa questão de relação, sabe porque eu to perguntando isso? Quando você vai medir um movimento ((pausa)) como vocês definem movimento? Por exemplo ((pausa)) ah, deixa eu só acrescentar uma informação antes disso. Geometria, vocês sabiam que é o estudo do espaço?
- 221 **F:** Sim.
- 222 **M:** E aquelas propriedades da geometria seria como se fosse as propriedades desse espaço que vocês tão dizendo pra mim.
- 223 **O:** Geometria euclidiana?
- 224 **M:** É, geometria euclidiana. Ou outras geometrias também, mas de qualquer forma. É uma ciência que estuda propriedades desse espaço, dessa coisa fantasmagórica aí que vocês tão discutindo.
- 225 **O:** Então ((pausa)) ((Inaudível)) ((pausa)) esse é um espaço diferente que ele aborda. A geometria euclidiana trabalha ((pausa)) aborda um espaço diferente do que uma geometria moderna.
- 226 **M:** Com propriedades diferentes.
- 227 **O:** Uma propriedade diferente que muda o espaço. Por exemplo, se fosse pensar ((pausa))
- 228 **N:** Eu não acho que sejam propriedades diferentes, eu acho que são nomes diferentes.
- 229 **F:** Com visões diferentes.
- 230 **N:** São visões diferentes!
- 231 **M:** Então, podem ser visões diferentes sobre a mesma coisa. Você tá dizendo que essa coisa existe independente das visões.
- 232 **F:** Sim.
- 233 **N:** É ((pausa))
- 234 **M:** Ou pode ser simplesmente visões. Quando é só simplesmente visões, você tá mudando.
- 235 **F:** Não, não, não ((pausa)) existe várias formas de vê-lo, você pode fazer tipo, do jeito que você quiser, e ela vai continuar lá.
- 236 **M:** Então pra você o espaço existe lá, pra você independente ((pausa))
- 237 **N:** Espera aí, tipo, agora que você falou acho que eu to pensando um negócio. Assim, retas paralelas ((pausa)) na nossa geometria são que retas paralelas são coisas que continuam e nunca se encontram, certo? Tem uma outra geometria, que tipo, é uma coisa curva assim, que continue ((pausa)) tipo, ela tá continuando pra lá, e essa tá pra cá. Então elas são paralelas.
- 238 **M:** Uhum ((pausa))

- 239 **N:** Isso existe nos dois ((pausa)) existe ((pausa)) tanto as retas assim, como uma reta torta ((pausa))
- 240 **J:** O conceito de paralelo é relativo? É isso?
- 241 **N:** Então, só que o conceito de paralelo existe. Só que ele muda de uma coisa pra outra.
- 242 **O:** E com o espaço relativo?
- 243 **N:** Não ((pausa)) sei lá.
- 244 ((Risos))
- 245 **M:** Isso aí que vocês tão falando é geometria ((pausa))
- 246 **N:** Eu não acho que o espaço é relativo!
- 247 **R:** Nossa, você fez um círculo perfeito!
- 248 ((Risos))
- 249 **M:** Ó, na outra geometria euclidiana. Só pra dar um esclarecimento pra vocês aí. As outras geometrias que foram descobertas, por exemplo, uma reta é o quê? É a menor distância entre dois pontos. Nas outras geometrias não vai ser mais uma reta que é a menor distância entre dois pontos. Vai ser por exemplo, se você tá numa superfície esférica, a menor distância entre dois pontos não é mais a reta, porque você não pode furar a esfera, só pode ir por cima. Então vai ser uma curva que eles chamam de geodésica. Seria ((pausa)) e aí por exemplo ((pausa)) só que ((pausa)) isso é a reta você olhando globalmente. Quando você chega só nesse ponto aqui ó, que é você que tá aqui na Terra, por exemplo, você pensa que é plano. Então, nesse ponto você pode usar a geometria euclidiana, mas ela não serve pra explicar o global. Eu só to acrescentando aqui ((pausa)) mas a geometria euclidiana ainda serve pra explicar localmente. Só não no “geralção”. Que aí vem as outras geometrias.
- 250 **O:** Seria explicar o espaço diferente. É o mesmo espaço.
- 251 **M:** Não entendi.
- 252 **O:** Porque você explica por exemplo parte do espaço, não o todo.
- 253 **M:** É, na geometria euclidiana não.
- 254 **O:** Então você pega o espaço ((pausa)) você pode pegar uma parte dele pra trabalhar, e se vale pra uma parte vale pra outra. É tipo um espaço dentro de outro espaço, dentro de outro espaço ((pausa))
- 255 **M:** Então, é que as geometrias são só características né, do espaço ((pausa)) a gente não sabe se ele é de um jeito aqui, ou se ele é de outro jeito quando a gente olha globalmente, de verdade ((pausa)) aí você tem que ((pausa)) aí é uma posição filosófica já ((pausa)) não tem como a gente provar isso. Ah, eu fiz uma medida e o espaço é assim. Tem como conhecer propriedades dele e fazer suposições de como ele é. E vai ter gente que vai dizer que ele existe independente das coisas que eu crio pra interpretar ele, ou não, as propriedades fui eu que inventei e o espaço pode nem existir.
- 256 **O:** Eu acho que é mais fácil falar o que o espaço não é do que falar o que ele é. ((Risos))
- 257 **M:** Pode falar!
- 258 **N:** Eu acho que ((pausa)) eu acredito naquilo ((pausa))
- 259 **M:** Que é ((pausa)) qual?
- 260 **N:** Que é o espaço existe.
- 261 **M:** Existe independente das coisas ((pausa))
- 262 **N:** Independente de como é o ((pausa)) sabe por quê? Por que que eu to falando isso? O espaço existe. Tá. Beleza. Só que a minha concepção de espaço, do jeito como eu defino ele é diferente daquele espaço que ela tá ((pausa))
- 263 **F:** Mas, tipo ((pausa)) é outra coisa que tipo ((pausa)) isso eu vou entrar um

- pouco no que eu leio aqui em semiótica ((pausa)) que a sua interpretação, a sua fala, o que você vai produzir é verdadeiro só pra você. Então, a sua concepção de espaço é verdadeira só pra você. Numa outra cultura ela pode ser diferente. O espaço é o espaço independente da sua variação ((pausa)) da sua concepção de espaço.
- 264 **N:** Então, é daí eu eu pensei. Tipo, sei lá ((pausa)) tem a minha cultura e tem um outro cara, sei lá, lá na ((pausa))ele sabe que eu existo? Não. Nem eu sei que ele existe. Eu criei ele agora. Estou supondo um cara na África que não me conhece e eu não conheço ele. E aí, tipo, ele define espaço de um jeito. Eu defino espaço de outro.
- 265 **F:** Mas o espaço é o mesmo.
- 266 **N:** Mas o espaço é o mesmo. Então o espaço existe porque tanto eu quanto ele pudemos definir o espaço e usar as nossas ((pausa)) tipo eu, Nic criei a propriedade pra uma coisa que existe, que não é a dele. Então, tipo ((pausa)) é aquele troço lá sabe?
- 267 **M:** Então, mas sabe porque não é tão simples responder se é uma relação, porque ((pausa)) tá, a gente fala: ah, existe essa coisa, esse negócio aí ((pausa)) independente das pessoas. Só que, quando a gente vai fazer qualquer medida, a gente fala: ah, movimento é mudança no espaço. O espaço, ele não é todo igual? Nessa sua concepção, que vocês acreditam que ele é todo igual, homogêneo ((pausa)) A gente não mede com relação ao espaço. A gente mede com relação aos outros corpos. Porque no espaço não dá pra distinguir.
- 268 **F:** Ué, mas o movimento não depende do espaço! A matéria depende do espaço. Matéria ((pausa)) quando você quer fazer o movimento, tem que comparar.
- 269 **M:** Mas o movimento é o quê pra você?
- 270 **F:** Movimento é o ato de uma força acelerar ou desacelerar algo.
- 271 **R:** Mas tem movimento sem força também né?
- 272 **M:** É.
- 273 **F:** Então, o movimento é a deslocação do espaço em relação a um tempo.
- 274 **M:** Então, se for deslocamento do espaço ((pausa)) e aí? Esse espaço que tá deslocando é um espaço que faz parte desse espaço grandão que vocês tão dizendo que é independente da matéria, ou é um espaço que é relativo a mim ((pausa)) sabe?
- 275 **F:** É um espaço que a gente compara ao referencial.
- 276 **O:** Você é louco “veio”! ((Risos))
- 277 **M:** Não, imagina ((pausa)) fala ((pausa))
- 278 **D:** Não ((pausa)) o que eu ia perguntar pro N é assim ((pausa)) veio N, ele ((pausa)) tipo ((pausa)) o espaço existe, tudo bem. Mas ele sempre existiu?
- 279 **O:** Sim.
- 280 **D:** Desde ((pausa)) sempre antes do big-bang, digamos assim. Existiu um espaço, ou não? Ele nasceu? O espaço existe porque ele nasceu? É uma pergunta que eu ia fazer ((pausa))
- 281 **M:** Só uma diferenciação. O nada é o nada mesmo ((pausa)) sem aquelas propriedades da geometria, sabe ((pausa)) o espaço seria um “nada” com propriedades geométricas. Seria isso. Só pra diferenciar.
- 282 **F:** Pra mim, quando você pensar na concepção de uma matéria que surgiu do nada, tirando ((Inaudível)) ((pausa)) que começou em uma matéria em um espaço. Acho que a pergunta fundamental não é de onde veio essa matéria? A pergunta fundamental é da onde veio esse espaço primeiro?
- 283 **M:** Pra matéria ocupar ((pausa))
- 284 **F:** Pra matéria ocupar ((pausa)) então eu acho que a sua pergunta é muito mais válida do que qualquer outra pergunta que a gente fez aqui, porque a gente tá observando, tipo ((pausa)) o quão importante é a matéria pro espaço. Só que

- o espaço é tão mais ((pausa)) ((Inaudível)). O espaço é muito mais forte que a matéria. Você não tem ((pausa)) se você não tem ((pausa)) não adianta eu ter uma matéria se eu não tenho onde ocupá-la. É inconcebível.
- 285 **M:** Nossa, você é super Descartes. Descartes pensa assim. ((Risos))
- 286 **F:** Por mais que você pense como Newton que ((pausa)) tipo ((pausa)) você vai ter um corpo muito grande que vai deformar o espaço porque o espaço se alongou com o peso. Ou interrompeu o espaço ((pausa))
- 287 **M:** Pera aí, não acompanhei o raciocínio.
- 288 **F:** Por mais que você tenha o Newton, o Newton que tipo ((pausa)) como Einstein. Que vai ((pausa)) existe uma matéria tão pesada que ela vai romper o espaço. Ela vai criar um buraco ((pausa))
- 289 **M:** Todo mundo sabe disso?
- 290 **J:** Sim.
- 291 **M:** Já ouviu falar pelo menos.
- 292 **N:** Não ((pausa)) já ouvi falar de ((pausa))
- 293 **M:** É que também não é obrigatório todo mundo saber pra discussão.
- 294 **R:** É ((pausa)) ((Inaudível)).
- 295 **F:** É, imagine tipo um ((pausa))
- 296 **M:** Não é exatamente o que acontece, mas pode usar essa analogia.
- 297 **J:** Imagina uma coisa de borracha. Coloca uma bola em cima e deforma a borracha. É a deformação do espaço.
- 298 **F:** E a gravidade é a força dessa deformação. Aí, tipo ((pausa))
- 299 **M:** Deixa só eu fazer uma correção antes que vocês continuem ((pausa))é ((pausa)) a gente não vai discutir isso aqui. Só se vocês escolherem. No último dia eu vou pedir pra vocês escolherem alguma coisa pra gente continuar discutindo.
- 300 **F:** Já escolhi!
- 301 **M:** Não é deformação do espaço. É deformação do espaço-tempo.
- 302 **F:** Eu escuto muito isso! Que é ((pausa)) tipo ((pausa)) junta o espaço com o tempo, porque essa questão de diferenciar, sabe ((pausa)) se o movimento é com relação a mim ou com relação ao espaço é respondida que você precisa juntar. Eu não vou explicar agora como é isso, mas você precisa juntar espaço com o tempo, então vai ter um ((pausa)) outra coisa, que não é um ((pausa)) por isso que essa analogia com o lençol afundando não é válida, porque não é o espaço afundando ((pausa)) é uma entidade quadridimensional que não é o espaço. É o espaço-tempo. E o tempo ((pausa)) e aí a gente entra na questão, de que o tempo depende do movimento e depende do espaço também ((pausa)) é que você só mede tempo ((pausa)) é ((pausa)) medindo o movimento de alguma outra coisa. Por exemplo, o movimento do pêndulo ((pausa))
- 303 **R:** E depende da velocidade também né.
- 304 **M:** Bom, agora pode continuar ((pausa)) ((Risos))
- 305 **F:** Eu acho mais ou menos assim ((pausa)) que é impossível, na minha concepção, conceber qualquer coisa sem o espaço e isso prova que o espaço é totalmente independente, é totalmente próprio ((pausa))
- 306 **N:** Você acha que ((pausa)) tipo, o espaço ((pausa)) eu faço a pergunta que o D fez, no geral, pra você. Você acha que ele nasceu ou ele sempre esteve eternamente, tanto pra mais quanto pra menos. De infinito pra mais e pra menos.
- 307 **F:** Então, é psicológico ou verdadeiro?
- 308 **N:** Sei lá. ((Risos))
- 309 **F:** Logicamente falando ele existiu porque você não pode acreditar que tem uma

- entidade com força superior que controla tudo. Verdadeiramente falando por mim, eu acredito que existe um ser superior que cria essas coisas. Uma energia superior.
- 310 **M:** Que é a mesma crença do Newton, aliás ((pausa))
- 311 **F:** É ((pausa))
- 312 **M:** Por isso que ele ((pausa)) o Newton acreditava que o espaço ((pausa)) ele era uma ((pausa)) ele chamava de sensorium de Deus. Por isso que ele é infinito sabe, onipresente.
- 313 **F:** É.
- 314 **M:** Depois a gente vai discutir.
- 315 **F:** Tem outra coisa ((pausa)) Einstein era judeu fervoroso. Ah, todo mundo fala que Einstein, tipo, não via a parte religiosa do assunto, mas assim ((pausa)) no final da vida dele, ele era um judeu assim que seguia bastante a religião. Eu penso assim, que existe aquilo, ponto. Da onde surgiu é uma coisa que nós não estamos ((pausa))
- 316 **J:** É uma coisa muito além da nossa compreensão.
- 317 **F:** É ((pausa)) hoje a gente não entende. Pode ser que daqui mil anos a gente não entenda. Pode ser que ano que vem a gente entenda. Sabe, tipo, e você não sabe da onde surgiu. Quando você não sabe, você acredita no que você quer. ((Inaudível)).
- 318 **M:** Vamos nessa sua linha de raciocínio do ((pausa)) de você falar que a matéria ((pausa)) tem que existir um espaço pra ela tá no lugar. Mas esse espaço aí ((pausa)) ele é o mesmo independente de onde você olha? Por exemplo, deixa eu pensar ((pausa)) o movimento pra vocês, é mudança no espaço? Pra todo mundo? Ou é uma mudança de distância com relação a outro objeto? É que tem essas duas formas de definir movimento ((pausa))
- 319 **F:** Pra mim é a segunda.
- 320 **N:** Qual que é a primeira?
- 321 **J:** Pra mim é a segunda também.
- 322 **N:** Pra mim é a segunda, mas eu não entendi a primeira.
- 323 ((Risos))
- 324 **M:** Uma mudança de distância com relação a um outro objeto.
- 325 **N:** É, essa é a segunda.
- 326 **M:** Ou de espaço né?
- 327 **N:** Essa é a segunda.
- 328 **M:** Essa é a segunda. E a primeira é uma mudança no espaço. Você imagina essa entidade aí, que existe, essa coisa que independe de tudo, aí você tem um corpo. Aí se o corpo mudou de lugar nesse espaço, ele se moveu.
- 329 **D:** Ah, eu penso assim.
- 330 **F:** Se você pensar que o espaço é fixo, dá no mesmo.
- 331 **N:** Se você pensar no espaço ((pausa))
- 332 **F:** Porque se o espaço é fixo ((pausa))
- 333 **M:** Imóvel né? Que nem o Newton falava.
- 334 **N:** Você tá comparando um com o outro.
- 335 **F:** Se o D tá aqui com isso aqui. Independente de se você for comparar a minha relação com ele ou com você, a minha relação com ele vai mudar também. Se eu vou me movimentar. Então, não importa o referencial, vai ser sempre com relação ao espaço.
- 336 **N:** É que nesse caso você tá considerando o espaço como o objeto supremo maior que tudo.
- 337 **R:** É, eu acho que não tem um ponto de vista privilegiado assim ((pausa)) um referencial privilegiado.

- 338 **M:** Então, se tiver o espaço ((pausa)) seguindo a ideia dele.
- 339 **F:** Porém, o espaço nesse caso ((pausa)) se você ((pausa)) como você vai analisar você há uma distância do espaço se você tá dentro do espaço?
- 340 **M:** Não, mas dentro do espaço ((pausa)) não ((pausa)) a pergunta sua é válida porque exatamente pelo espaço ser homogêneo e ser essa coisa independente da matéria, você ((pausa)) fica difícil você definir movimento como mudança no espaço, sabe?
- 341 **F:** Pode ser.
- 342 **M:** Como você vai medir ((pausa))
- 343 **F:** Eu imagino assim. O espaço ((pausa))
- 344 **M:** Sem relação a nada ((pausa))
- 345 **F:** Não, eu to dentro dessa sala ((pausa)) eu tenho uma posição minha dentro dessa sala. Que aqui é o espaço.
- 346 **M:** É, mas a Terra já tá girando ((pausa)) tá mudando de lugar no espaço.
- 347 **F:** Não, não ((pausa)) sim. Pensando que essa sala seja o espaço. Essa sala é o espaço, total. O espaço está compreendido nessa sala.
- 348 **N:** Tudo o que vem depois da sala ((pausa)) nada. É o nada. Não tem nada.
- 349 **F:** É o nada. Então, se eu me movimentar em relação a você, eu to me movimentando em relação a um referencial dentro do espaço. Não em referencia ao espaço. Porque eu to dentro do espaço ainda. Então pra mim, é o movimento ((pausa)) tipo assim ((pausa))
- 350 **M:** Não, pera aí ((pausa))
- 351 **F:** Eu to aqui, eu me movimentei em relação a você. A minha distância diminuiu. Só que a minha distância ao espaço é a mesma, porque eu to dentro ainda. E se eu voltar ((pausa))
- 352 **M:** Não, com relação ((pausa))
- 353 **R:** O espaço só tem dentro e fora então. Não tem ((pausa))
- 354 **F:** Não ((pausa)) tem fora!
- 355 **N:** Não, pera aí!
- 356 **M:** A sua distância com relação ao espaço é a mesma?
- 357 **F:** É.
- 358 **N:** Eu não acho.
- 359 **J:** Não ((pausa))
- 360 **F:** Eu acho, porque ((pausa))
- 361 **R:** Ele tá numa caixa, ele anda de uma ponta até outra. Ele não andou?
- 362 **F:** Ele andou na caixa ((pausa))
- 363 **O:** Em relação a caixa não. A caixa tá parada!
- 364 **M:** Não, mas o movimento não era a mudança desse lugar no espaço?
- 365 **F:** O movimento não é o movimento do espaço? Ou é o movimento pro rato, no caso.
- 366 **N:** F, ó ((pausa))
- 367 **F:** Se for pro rato tem. Se for pra caixa não.
- 368 **M:** Então nunca tem movimento se for com relação ao espaço.
- 369 **R:** Eu também acho que não ((pausa))
- 370 **N:** Então, você tá parado aí, certo? E a sala é o seu espaço. Você levanta e anda pra perto, sei lá, do R. Você mudou a distância entre você e o R, certo? Só que você disse que essa distância ((pausa))
- 371 **F:** Prazer, eu não sabia seu nome ((pausa))
- 372 ((Risos))
- 373 **N:** Então, só que a sua distância entre ((pausa)) na sua concepção, a sua distância entre você e o espaço não mudou.

- 374 **F:** Não ((pausa))
- 375 **N:** Agora pega um ponto no espaço, tipo a quina daquela sala. Quando você levanta daí e vai até o R, não mudou a sua distância?
- 376 **M:** Exatamente isso ((pausa))
- 377 **F:** Não. Porque se o espaço é tudo, se o espaço é algo que tem que ser preenchido por uma matéria ((pausa))
- 378 **N:** Mas é o que eu to falando ((pausa))
- 379 **F:** Você tá preenchido ((pausa))
- 380 **N:** Mas antes eu to falando de um ponto no espaço.
- 381 **J:** Mas não existe aquele ponto! O espaço é infinito.
- 382 **M:** Totalmente igual.
- 383 **N:** Não, mas a gente é finito.
- 384 **F:** Não, a gente fugiu ((pausa))
- 385 **J:** A sua analogia de espaço, de início, existia esse ponto.
- 386 **D:** Cada um tá pensando num espaço ((pausa)) assim ((pausa)) eu não sei como vocês pensam pra falar a verdade. Eu penso assim ((pausa)) eu penso em vários espaços. Calma. Como assim? Eu digo assim, tem um espaço tipo o Universo, que é o espaço sideral. Digamos assim, planetas e pa pa paa ((pausa)) e tem o espaço aqui da sala de aula, que pra mim é diferente. Eu adéquo assim ((pausa)) ah imagina uma bola. Esqueci o Universo, to imaginando a bola dentro de uma caixa de uma sala. Sabe? Então eu acho que tipo ((pausa)) é ((pausa))o que eu quero dizer é assim. Dado um problema, você tem que adequar o seu espaço ao seu problema.
- 387 **M:** Então ((pausa))
- 388 **J:** Mas isso é uma invenção sua ((pausa)) você não vai tá modificando o espaço verdadeiro.
- 389 **F:** ((Inaudível))
- 390 **D:** Não, é uma invenção minha que é correta para todos, embora seja minha.
- 391 **J:** Que vai facilitar certas coisas que você vai fazer.
- 392 **M:** É válido no cotidiano. Todo mundo usa esses conceitos que ele tá falando. Agora, vamos falar na física, né? Então, pra delimitar.
- 393 **R:** Pra generalizar.
- 394 **D:** Então, na Física.
- 395 **M:** Então, mas era isso mesmo que ((pausa)) era pra Física.
- 396 **D:** Mas todo mundo pensa assim também?
- 397 **M:** Acho que não, mas a gente tá tentando construir agora né. Eu acho ((pausa))
- 398 **D:** Mas, é o certo pensar assim? Porque na Física ((pausa)) é Física! O que que é a Física?
- 399 **J:** ((Inaudível)).
- 400 **M:** Vish ((pausa))
- 401 **D:** Física não é tipo um movimento. A gente pode pensar ((pausa))
- 402 **F:** Uma pergunta que eu quero fazer ((pausa))
- 403 **D:** A bola que rola numa sala não é uma física.
- 404 **M:** É, mas quando você vai lá na equação da velocidade, por exemplo, que espaço é aquele, que você tá considerando?
- 405 **D:** A sala de aula.
- 406 **M:** Mas essa sala de aula ((pausa)) porque ((pausa)) a sala de aula, ela pode ((pausa))
- 407 **D:** Só. Como se ela tivesse num outro Universo. Não precisa considerar a sala de aula ((pausa))
- 408 **M:** Então, mas você tá considerando um espaço infinito dentro desse contexto,

- né?
- 362 **D:** Não ((pausa)) uma coisa que eu escrevi nesse negócio ((pausa)) é assim ((pausa)) eu não lembro qual que era a pergunta, mas tipo, se o bloco ele para depois de percorrer dez metros. Não quer dizer que ele parou porque ((pausa)) depois dos dez metros não teria espaço. Teria um espaço ali. Ele parou porque forças o fizeram parar. Ele não parou porque ele não tinha pra onde ir.
- 363 **M:** Uhum ((pausa))
- 364 **D:** Nesse sentido. A sala de aula é infinita e finita ao mesmo tempo pra mim.
- 365 **M:** Pensa que é seu Universo.
- 366 **D:** É, meu Universo. Isso ((pausa)) eu não preciso me preocupar com o resto nas equações.
- 367 **M:** Não ((pausa)) a gente pode se ((pausa)) pode ficar no seu Universo. Mas, dentro do seu Universo, como você mede o movimento se o Universo tem o espaço ali ((pausa)) o espaço tem ((pausa)) nesse conteúdo.
- 368 **D:** O infinito, por exemplo, ((pausa)) tanto faz.
- 369 **M:** Pode ser o infinito, mas ele é todo igual. Como você diferencia que uma coisa andou daqui pra lá se o seu espaço, nesse lugar aí mesmo ((pausa)) ele é todo igual?
- 370 **F:** Uma pergunta. Pra você a Física é exata?
- 371 **D:** Não. Porque ((pausa))
- 372 **F:** Não, é que faz muita diferença entender isso.
- 373 **D:** Eu penso assim. A sala é toda branca. É toda branca. Toda igual e homogênea. Mas ela tem paredes, por exemplo. Se a bola que tá aqui andar pra lá, embora a sala seja toda branca e homogênea, essa ((pausa)) como ela foi pra lá, ela aumentou essa distância. ((Inaudível)).
- 374 **F:** Mas, é aquele negócio de um mais infinito. Não é infinito tudo lá do espaço?
- 375 **D:** Mas é diferente.
- 376 **F:** Tá bom ((pausa)) a distância mudou deu pra ela. Mas foi bem ((pausa)) ((Inaudível))
- 377 **N:** Eu não entendi porque o espaço é infinito se ele tá em expansão.
- 378 **F:** Ele é infinito porque tá em expansão. Se ele parar de expandir tem uma forma com ponta. ((Risos))
- 379 **M:** Então, mas, sei lá ((pausa)) imagina tipo, tira uma foto do espaço agora.
- 380 **F:** Agora tira outra agora, vai tá maior.
- 381 **N:** Vai tá maior, mas pensa por enquanto nessa aqui. É uma bola. Finge que ele é uma bola. Agora imagina o centro dessa aqui, certo? Aí beleza, ele é ((pausa)) aí ele tem uma velocidade de expansão, ele tá fazendo assim, certo? Agora imagina que eu to no centro e eu começo a me mover numa direção tipo, em cima de uns raios, com uma velocidade maior que a velocidade de expansão dele.
- 382 **F:** Aaaah! ((Risos))
- 383 **N:** Uma hora eu não vou bater num limite? Porque tipo, eu vou tá indo mais rápido do que ele tá indo. Tipo, ele tá indo, mas eu to indo também. Aí eu vou chegar numa hora que eu não tenho mais espaço.
- 384 **F:** Mas o Universo se expande mais rápido que a velocidade da luz se eu não me engano.
- 385 **M:** Acho que não ((pausa))
- 386 **F:** É um negócio que, tipo ((pausa)) não tem como você chegar. É uma velocidade estrondosa. Não chega ((pausa))
- 387 **N:** Não, mas aí existe ((pausa))
- 388 **M:** Que eu saiba não ((pausa)) é uma velocidade alta, que eu saiba ((pausa))

- 389 **R:** É menos do que a da luz. E ele não se expande pra todos os lados igualmente também.
- 390 **F:** Sim. Cara, pra mim é assim ((pausa))
- 391 **R:** Deixa ela falar, que ela queria falar.
- 392 **F:** Fala J.
- 393 **J:** É que o N tava falando que o espaço era uma bola, que se parasse, a bola iria parar de expandir ((pausa)) então isso significa que o espaço é independente do tempo? O espaço depende ((pausa)) pro espaço existir ele depende do tempo existir? Então o espaço não é totalmente independente igual a gente tinha falado naquela hora que o espaço é independente. Ele é totalmente dependente do tempo. Porque se ele para de existir o espaço para de existir.
- 394 **N:** Se você voltar o tempo ((pausa))
- 395 **J:** O espaço volta ((pausa))
- 396 **N:** Ao instante que o tempo era igual a zero, o espaço vai ter deixado de existir.
- 397 **R:** Nossa! Não ((pausa))
- 398 **N:** Se você voltar a fita do tempo, assim ((pausa))
- 399 **F:** Muito, muito verdade cara!
- 400 **J:** É uma teoria de fim do Universo.
- 401 **N:** Porque se ele tá indo, se você voltar a fita ele volta.
- 402 **J:** Aham ((pausa)) Big-bang, big-crunch. É uma teoria de fim. Tem a teoria de multiversos também. Que existe um monte de Universo.
- 403 **R:** Não, mas aí é ((pausa)) ((Risos))
- 404 **N:** Não ((pausa)) o Universo, o multiverso é um dentro do outro né?
- 405 **F:** É ((pausa)) multiverso ((pausa))
- 406 **J:** Multiverso é um monte de universo um perto do outro.
- 407 **F:** Depende, em qual teoria?
- 408 **J:** Ah, eu não sei ((pausa))
- 409 ((Risos))
- 410 **M:** Só dar nome agora pra vocês ((pausa)) é ((pausa)) esse espaço que vocês falam, que é independente, existe independente da matéria, a gente vai chamar de espaço absoluto, tá? Nas conversas. Quando alguém falar isso, é isso que significa. Só pra diminuir ((pausa)) pra gente aprender uma palavra nova. Que ((pausa)) lembra que eu perguntei na sala pra vocês, quando eu fui fazer a divulgação, eu falei se vocês sabiam que o espaço na mecânica era absoluto. Aí todo mundo “não sei”, não sabia.
- 411 **N:** Eu ia perguntar isso pra você.
- 412 **M:** Esse espaço que ele entende, que ele acredita aí, é o mesmo espaço que o Newton acredita, que é absoluto. E o relativo ((pausa))
- 413 **N:** Que é o quê?
- 414 **M:** Absoluto.
- 415 **N:** Não, mas o que que ele é mesmo?
- 416 **O:** Que ele é infinito e ((pausa))
- 417 **M:** É aquela coisa, entidade, que existe independente da matéria, ele continua existindo ((pausa)) aquela coisa homogênea, totalmente igual ((pausa))
- 418 **D:** É independente da matéria, mas não é independente do tempo né?
- 419 **F:** Só que assim, eu falo desse espaço ((pausa))
- 420 **M:** Mas você pode pensar no Newton, você pode pensar como separado, porque tem a mesma consequência. Acaba tendo a mesma consequência pro tempo e pro espaço, por exemplo, o tempo, ele pode ser entendido como uma relação entre coisas ou também como um tempo verdadeiro. Que é o ((pausa)) o tempo sempre vai ser, por exemplo, eu vou medir o tempo como ((pausa)) a

- Terra girando em torno do Sol, a gente define um ano com isso, né? Isso é tempo relativo. Porque você tá definindo o tempo com relação à matéria.
- 421 **N:** Nossa, que genial cara!
- 422 **M:** O tempo verdadeiro mesmo, será que ele existe, sabe?
- 423 **N:** Que é o ((pausa)) a entidade que tipo, independente de quanto tempo a Terra ((pausa))
- 424 **F:** O que que é tempo? Tempo é uma medida que a gente criou ((pausa))
- 425 **M:** Se você responder te dou o prêmio Nobel ((pausa)) ((Risos)) ((pausa)) Não, mas vamos discutir.
- 426 **F:** Tempo é uma matéria ((pausa)) é um, como que fala? A nomenclatura que a gente deu a algo, que nem metro. Porque que um metro tem um metro? Podia ter dois metros e a gente chamava de metro também. Tanto faz. O tempo, a gente definiu isso por causa da ((pausa))
- 427 **M:** Aí você vai na dele, de que isso é uma criação?
- 428 **F:** Não, eu acho que tudo que existe depende de uma ideia.
- 429 **M:** Inclusive o espaço?
- 430 **F:** O espaço é uma ideia. Só que o espaço, que eu chamei de espaço mochila vai ((pausa)) o espaço pra mim é uma tábua, uma mochila ((pausa)) depende do que eu chamar ele vai existir.
- 431 **M:** Sei lá, o espaço pra mim é absoluto, aí você já tá incorporado ((pausa))
- 432 **J:** Você pode ter várias ideias ((pausa))
- 433 **F:** Eu também penso como ((pausa)) eu acho que o espaço é tudo isso, só que eu acho que ele é tudo isso junto com o de Einstein. Que pode ser deformado, que pode ser alterado, porém sempre vai existir.
- 434 **M:** O de Einstein é absoluto ainda, na verdade ((pausa)) depois na próxima quinta eu vou trazer pra vocês que existem vários sentidos ((pausa))
- 435 **J:** Eu não to entendendo.
- 436 **F:** ((Risos))
- 437 **M:** Qual parte?
- 438 **N:** O que é absoluto ((pausa))
- 439 **M:** Imagina que você tira tudo, é isso que sobra.
- 440 **N:** Tá! É o ((pausa)) sei.
- 441 **M:** E espaço relativo é essa relação. Se a gente não existir mais, não existe mais o espaço. Que é uma relação de distância entre eu e você.
- 442 **N:** Não, tudo bem, beleza.
- 443 **M:** E tem esse debate, na filosofia. Tanto na filosofia quanto na física, se o espaço, ele é absoluto mesmo ((pausa)) uma entidade que existe independente das coisas ou se ele é só uma relação entre os corpos. E quando as coisas não existem mais, não existe mais o espaço. Isso não fura o que você falou do espaço existir independente da matéria.
- 444 **F:** Eu vejo o espaço como se fosse uma caixa ((pausa)) pra mim ((pausa)) tá ((pausa)) só que é infinita. Quanto mais você andar mais longe você fica. Mas ele pode ser deformado.
- 445 **M:** Não ((pausa)) tudo bem. Depois a gente vai ver como que o Newton responde isso, como que o Einstein responde, mas a questão é que independente de se ele pode ser deformado ou não, é se ele existe independente das coisas e não uma relação ((pausa))
- 446 **F:** É que pra mim fica meio confuso porque se ele pode ser deformado, ele pode ser deformado a ponto de zerar. Tipo, se eu posso romper o espaço ((pausa)) atravessá-lo como um buraco de minhoca ((pausa))
- 447 **M:** Aí você já tá ((pausa))
- 448 **J:** Isso é uma coisa do espaço-tempo.

- 449 **F:** Não, não ((pausa)) sim. Mas que ((pausa)) se eu posso rompê-lo, eu posso destruí-lo. Eu posso modificá-lo, eu posso destruí-lo.
- 450 **M:** Mas supondo que você não fez isso ((pausa)) porque você ainda nem sabe se é possível.
- 451 **R:** A gente tá tentando definir se existe ou não.
- 452 **M:** É. Se ele existe ou não ((pausa)) independente das coisas.
- 453 **F:** Eu acho que ele existe, só que se for possível ((pausa))
- 454 **M:** Independente das coisas ((pausa))
- 455 **F:** Só que ((pausa)) a partir do momento que se fala que é possível modificar, ele deixa de existir. Independente, porque ((pausa))
- 456 **N:** Nossa! É mentira! ((Risos))
- 457 **F:** Porque se eu posso modificar, eu posso criar um novo. E se eu posso criar vários espaços, vira o que ele falou. Vários multiespaços, multiversos, multidimensões.
- 458 **M:** Pensa em um Universo só tá pessoal? ((Risos)) No contexto aqui vamos pensar em um único Universo.
- 459 **F:** Se é um Universo só e eu não posso modificá-lo, ele independe de tudo. Se eu posso modificá-lo, ele é dependente das minhas modificações.
- 460 **M:** Ué, mas ele ((pausa)) tá ((pausa)) aí é um sentido que eu posso falar que ele é absoluto nesse sentido. Você tem razão.
- 461 **N:** Hum ((pausa))
- 462 **M:** Existem oito sentidos em que o espaço é absoluto ou relativo. Eu vou mostrar pra vocês na próxima quinta. Mas esse é um sentido. Então, o espaço pra você é absoluto só no sentido de existência, independente da matéria. Mas no sentido de deformar, que a matéria interage ou não com ele, não é absoluto. É relativo.
- 463 **F:** Mas até pra deformar eu preciso da matéria.
- 464 **M:** Sim ((pausa))
- 465 **F:** Então ele é independente.
- 466 **M:** Não ((pausa))
- 467 **F:** O espaço é independente.
- 468 **M:** Se a matéria pode deformar ((pausa))
- 469 **F:** Deformá-lo, ele é independente da matéria, só que a partir do momento que a matéria entra, ele também tá dependente dela. Ele não precisa existir pra matéria existir ((pausa)) a matéria não precisa existir pra ele existir. Ele precisa existir pra matéria existir. Só que a partir do momento que os dois existem, um pode acabar.
- 470 **M:** Como que a matéria pode acabar com o espaço? E continuar existindo? Se você disse pra mim que ((pausa))
- 471 **F:** Então, é a auto-destruição. Eu falei, tipo, acaba ((pausa))
- 472 **N:** É que ((pausa)) eu não acho que ((pausa))
- 473 **F:** Supondo que ((pausa)) eu vou ((pausa))
- 474 **J:** ((Inaudível)).
- 475 **F:** Eu vou juntar duas teorias de buraco negro. O buraco negro ((pausa))
- 476 **M:** Não, ó ((pausa)) vamos ficar no contexto.
- 477 **F:** Não, é pra explicar.
- 478 **M:** Naquilo que a gente sabe.
- 479 **F:** Esse é o meu pensamento. O buraco negro, ele pode ser uma matéria densa que suga tudo e vai se acoplando ou pode ser um buraco de minhoca. Supondo que ele seja um buraco de minhoca porque passou uma matéria tão densa que furou o espaço. Então se você pode furar uma vez ((pausa))
- 480 **M:** Ó, a gente nem sabe o que é buraco de minhoca. Isso nem foi comprovado e

- a gente não vai entender o que você tá falando, mas continua ((pausa))
 456 ((Risos))
 457 **D:** Não para ((pausa)) ((Risos))
 458 **F:** Você pode deformar o Universo ((pausa)) se você pode deformar o Universo, você pode deformar ((pausa)) eu tenho um papel, eu faço um furo, ele continua um papel com furo. Só que se eu fizer infinitos furos aqui, vou destruir o papel.
 459 **J:** Infinitos buracos de minhoca, você quer dizer?
 460 **F:** É, se tiver ((pausa))
 461 **M:** Ah, entendi o que você quis dizer com tudo isso.
 462 **F:** Se tivesse muitos, se a matéria for muito grande a ponto de ocupar uma parte vai ((pausa)) cinquenta por cento do espaço ((pausa))
 463 **M:** Mas como é que fura o espaço se ((pausa)) a matéria é como se ela penetrasse né, no espaço.
 464 **F:** É como se ela fosse cortando o espaço. Ele é independente, só que ele não é ((pausa))
 465 **J:** Não é um furo no espaço, é um furo no espaço-tempo.
 466 **M:** É ((pausa))
 467 **R:** É ((pausa))
 468 **M:** Buraco de minhoca é na relatividade lá, que a gente não sabe ((pausa))
 469 **J:** É, não tem a ver com o espaço que a gente tá estudando agora, é o espaço-tempo.
 470 **F:** Eu só queria explicar eu ponto de vista de espaço, o que ele é ((pausa)) ele é absoluto.
 471 **M:** Tem vários sentidos, a gente vai ver ((pausa))
 472 **F:** Ele é absoluto, sempre existiu, ele não depende de ninguém, só que ele pode ser destruído. É isso que eu queria falar.
 473 **M:** Se ele pode ser destruído, nesse sentido, ele não é absoluto. Nesse sentido só. De ele poder ser destruído. Que existem vários assim ((pausa)) um sentido é ((pausa)) o espaço existe independente das coisas. Beleza. Então nesse caso ele é absoluto. Que absoluto significa o quê, que ele ((pausa))
 474 **R:** Imutável.
 475 **M:** E independente das coisas ((pausa)) ele existe por si só. Agora, no outro caso, se existe uma coisa que pode destruir ele, então nesse outro sentido, ele não é absoluto. Porque ele depende de outra coisa que pode destruir.
 476 **F:** É que agora veio um negócio na minha cabeça muito louco.
 477 **N:** Concordo ((pausa))
 478 **J:** Mas, é válida aquela minha conclusão de que o espaço depende do tempo?
 479 **M:** É ((pausa)) nessa ((pausa)) como que era mesmo o sentido?
 480 **J:** Que ((pausa)) quando ele falou ((pausa))
 481 **N:** Não, é que é assim ((pausa)) é aquela ((pausa)) que tipo ((pausa)) eu perguntei pro F porque ((pausa))
 482 **F:** É melhor deixar o V e o H, que eles não falaram nada.
 483 **O:** Ficaram só ouvindo ((pausa))
 484 **M:** É ((pausa))
 485 **N:** É porque eu perguntei se ele acreditava que tipo o espaço nasceu e foi se expandindo ((pausa)) aí veio a ideia ((pausa)) não sei quem foi que propôs, que tipo ((pausa)) se você voltar a fita do tempo, tipo ((pausa)) a gente tá indo ((pausa)) aí eu falei aquele lance do raio e tal. Se a gente parar e voltar a fita, vai ter uma hora que tipo o tempo vai zerar. E no instante t igual a zero, mas ((pausa)) sabe?
 486 **F:** Não é tempo igual a zero, é t zero.

- 487 **N:** Não é mais tempo relativo, é tempo ((pausa))
- 488 **J:** Igual a zero ((pausa))
- 489 **N:** Tempo igual a zero ((pausa))
- 490 **J:** O espaço ((pausa))
- 491 **N:** O tempo absoluto igual a zero, o espaço igual a zero ((pausa))
- 492 **J:** É ((pausa)) mas é que não faz sentido ter o espaço sozinho.
- 493 **M:** Então, tipo, quer dizer que numa linha de superioridade o tempo está acima do espaço? Porque o espaço é uma função do tempo?
- 494 **F:** Sim.
- 495 **M:** É uma outra dimensão o tempo já. É equivalente às três dimensões do espaço. Nesse sentido que você falou se o espaço estiver expandido ((pausa)) aí não faz sentido falar de espaço sem tempo. Agora, no contexto que a gente tá vendo, a gente tá entendendo o espaço como aquele negócio que tá sempre infinito né? Preenchendo as coisas. Esse é o contexto da mecânica. Aí faz sentido falar espaço sem tempo porque ((pausa)) é a mesma coisa.
- 496 **F:** Isso é absoluto.
- 497 **M:** O espaço e o tempo, ele tem ((pausa)) como se fosse a mesmas propriedades. Ou eles são relativos, ou absolutos, ou sempre iguais em todas as partes ((pausa)), por exemplo, vocês já ouviram falar do paradoxo de Zenão?
- 498 **O:** Não ((pausa))
- 499 **M:** Que é assim, se eu ((pausa))
- 500 **D:** Ah, sim, já escutei. Do cara que corre e a tartaruga que sempre dá um passo e ele ((pausa))
- 501 **M:** Isso dá pra fazer com o tempo também. Por exemplo, daqui pra meia noite ((pausa))
- 502 **N:** Eu também não sei o que que é isso.
- 503 **J:** Fala o paradoxo que é mó legal.
- 504 **M:** Ah, não? Ah ta ((pausa)) tem uma tartaruga que ((pausa))eu vou fazer de outro jeito porque eu não lembro como é com a tartaruga. Eu faço isso com qualquer coisa que eu lembro ((pausa))
- 505 **R:** É a tartaruga e a lebre ((pausa))
- 506 ((Risos))
- 507 **J:** É a tartaruga e o corredor não é?
- 508 **M:** É ((pausa)) é uma tartaruga ((pausa)) só que tinha um negócio de velocidade ((pausa))
- 509 **J:** O corredor ia sempre dez vezes mais rápido do que ela ((pausa)) aí ela sempre vai tá dez alguma coisa na frente dele porque ela começou a dez metros na frente dele ((pausa)) alguma coisa assim.
- 510 **M:** Então, eu não sei qual que é ((pausa)) quais são os detalhes. Eu faço do jeito que eu sei ((pausa))
- 511 **F:** Pode fazer ((pausa))
- 512 **M:** Eu faço assim ó, por exemplo, daqui até a porta por exemplo. Se eu andar metade, falta metade pra eu chegar na porta, certo?
- 513 **J:** Aham ((pausa))
- 514 **M:** Aí eu to na metade. Andando sempre metade da distância que falta. Eu ando metade da distância que falta. Eu nunca vou chegar na porta.
- 515 **J:** Porque sempre vai faltar uma metade.
- 516 **M:** E a mesma coisa eu posso pensar pro tempo. Por exemplo, daqui pra amanhã faltam oito horas. Quando tiver na metade, vai faltar quatro horas. Depois vai faltar duas horas, depois uma hora. Nunca vai chegar amanhã.
- 517 **O:** ((Risos))

- 518 **R:** Pera aí que eu não entendi na verdade.
- 519 **N:** É o mesmo esquema. É exatamente a mesma coisa, só que tipo, agora é uma medida de tempo e não mais de espaço.
- 520 **J:** Mas não vai chegar em tempo negativo?
- 521 **N:** Não ((pausa)) porque você vai tá sempre acrescentando algo.
- 522 **O:** ((Inaudível))
- 523 **N:** Tipo, quantas horas faltam pra amanhã? Oito, cinco ((pausa)) Então daqui a metade desse tempo, vai faltar duas e meia ((pausa))
- 524 **J:** Falta duas e meia.
- 525 **N:** Aí isso é metade.
- 526 **R:** Ah ((pausa)) ta.
- 527 **N:** Eu não sei quanto tá dois e meio ((pausa))
- 528 ((Risos))
- 529 **N:** Mas vai ser alguma coisa ((pausa))
- 530 **M:** O negócio é que você ((pausa)) nunca chega amanhã e isso ((pausa))
- 531 **N:** Aí seria tempo sobre quatro. Aí depois tempo sobre oito ((pausa))
- 532 **R:** Uhum ((pausa))
- 533 **N:** Só que nunca que isso vai chegar a zero. Vai tender a zero quando o denominador vai tendendo a zero.
- 534 **J:** Exatamente ((pausa))
- 535 **M:** E isso é uma consequência do que vocês disseram, que o espaço é homogêneo.
- 536 **J:** O quê?
- 537 **N:** Não, pera aí ((pausa)) ((Inaudível))
- 538 **M:** O espaço é homogêneo, sempre igual né?
- 539 **F:** Não, espera, espera ((pausa)) não ((pausa)) ((Inaudível))
- 540 **M:** Se ele pode ser dividido é uma outra pergunta ((pausa)) que pode ser dividido infinitamente ((pausa)) isso é uma ((pausa)) o jeito que vocês estavam entendendo espaço, pra mim parecia que era todo infinito né? E eu posso pegar qualquer parte dele e colocar um corpo lá. Posso andar o tanto que eu quiser.
- 541 **R:** Teoricamente falando ((pausa))
- 542 **M:** Só que entra nesse problema né?
- 543 **J:** Uhum ((pausa))
- 544 **F:** Se você for olhar só a parte da mecânica sim. Mas se for olhar pelo contexto geral ((pausa))
- 545 **M:** Qual?
- 546 **F:** Você tem que considerar o espaço-tempo, considerar a ((Inaudível)).
- 547 **R:** Então tudo.
- 548 **N:** Você também pode considerar aquele negócio ((pausa))
- 549 **R:** Cordas ((pausa))
- 550 **N:** Pode considerar também que tipo ((pausa))
- 551 **M:** O problema de considerar essas coisas é que a gente não entende ainda.
- 552 **O:** Eu não sei nem o que é espaço ainda.
- 553 ((Risos))
- 554 **M:** Eu queria ficar nesse ((pausa))
- 555 **F:** Então, por isso que eu falei, pensando mecanicamente o espaço é absoluto.

- 556 **M:** Relatividade também é mecânica ((pausa)) mas enfim ((pausa)) ((Risos))
((pausa)) dentro da mecânica clássica.
- 557 **F:** Mas uma vez mecânica, ele é absoluto.
- 558 **M:** Vocês podem pensar também, é ((pausa)) absoluto. Pro Descartes era relativo o movimento. É diferente o movimento relativo e o espaço relativo. Só, é ((pausa)) colocando ((pausa)) é, lembrando. Espaço absoluto é aquele que existe independente das coisas e o relativo é aquele que existe só se as coisas existirem e é uma relação. Porque que isso tem a ver com o movimento? A forma como você vai entender o movimento é a forma como você pode dizer como o espaço é. Se você entende o movimento. Por exemplo, se eu to girando em volta do N, eu to girando ((pausa)) é ((pausa)) se eu to no meu referencial, como que eu vejo o N?
- 559 **N:** Parado.
- 560 **M:** No meu.
- 561 **F:** Não, no dela é você que tá girando.
- 562 **M:** Você tá girando né?
- 563 **N:** Você tá girando em volta de mim ((pausa))
- 564 **M:** Mas isso com relação a ela?
- 565 **N:** Ah, é verdade ((pausa))
- 566 **M:** No meu referencial você que ((pausa))
- 567 **F:** Tudo tá girando e ela tá parada ((pausa))
- 568 **M:** É que nem a Terra e o Sol, né? A gente tá no referencial da Terra, a gente vê o Sol girando.
- 569 **J:** Uhum ((pausa))
- 570 **M:** Se eu to no referencial do N, eu to girando. Agora, vocês tão dizendo ((pausa)) vocês acham que o movimento ele é ((pausa)) uma relação entre corpos ou existe um movimento verdadeiro com relação ao espaço?
- 571 **N:** É tipo ((pausa)) é basicamente a mesma pergunta que a gente se fez pro tempo e pro espaço. O movimento, ele também é um conceito ou ele é uma coisa ((pausa))
- 572 **M:** Por exemplo, ele que tá girando.
- 573 **J:** Eu acho que ((pausa))
- 532 **F:** O movimento é verdadeiro. O movimento é verdadeiro porque é uma diferenciação de algo.
- 533 **N:** ((Inaudível)). Mas aí você ((pausa)) tem uma parte do espaço que tá parado.
- 534 **F:** Ham?
- 535 **D:** O movimento não tem a ver com um espaço e um tempo?
- 536 **J:** O movimento depende da massa.
- 537 **O:** Não ((pausa))
- 538 **D:** Então o movimento só vai ser absoluto se o espaço e o tempo forem absolutos. Se o espaço for relativo e o tempo absoluto ou relativo ((pausa)) se um deles for relativo ((pausa)) o movimento é consequência.
- 539 **M:** Tem como o espaço não ser absoluto e ter movimento relativo.
- 540 **R:** Tem?
- 541 **F:** É uma pergunta ou é uma afirmação?
- 542 **M:** É uma afirmação.
- 543 ((Inaudível)).
- 544 **M:** Tem como o espaço ser relativo ((pausa)) só uma relação ((pausa)) e existir movimento absoluto.

- 545 **J:** Como assim?
- 546 **O:** Como?
- 547 **F:** Macumba ((pausa))
- 548 ((Inaudível))
- 549 **M:** O tempo ((pausa)) vai ter que ver se você ((pausa))
- 550 **N:** O espaço relativo com um tempo absoluto?
- 551 **M:** É, seria relativo nesse caso, porque você vai comparar com o movimento que só é relativo.
- 552 **N:** O movimento absoluto ((pausa))
- 553 **D:** Então, o espaço e o tempo seriam relativos e o movimento seria absoluto ((pausa))
- 554 **N:** Ah! É porque ((pausa)) porque ((pausa)) talvez ((pausa))
- 555 **M:** É, o tempo pode ser ((pausa)) pode ter tempo absoluto também. É mais difícil pensar.
- 556 **N:** Talvez exista ((pausa)) ah ((pausa)) sei lá ((pausa))
- 557 **M:** ((Risos)). E agora? O que que eu respondo?
- 558 **N:** Não, pera aí, fala de novo.
- 559 **M:** O que que eu tinha falado?
- 560 **J:** Que o espaço é ((pausa)) relativo.
- 561 **N:** Que pode existir o quê absoluto?
- 562 **M:** Ah, então primeiro ((pausa)) vamos definir ((pausa)) movimento absoluto é aquele movimento que ((pausa)) é que nem o espaço ((pausa)) é independente do referencial. Ele existe, por exemplo, é como dizer que eu estou girando de verdade, não ele.
- 563 **N:** Talvez, tipo, se você analisar o espaço se movimentando? Isso seria o movimento absoluto?
- 564 **M:** Então ((pausa)) o movimento ((pausa)) o espaço se movimentando, o espaço ((pausa))
- 565 **N:** Imagine essa sala sendo o espaço.
- 566 **M:** Hum ((pausa))
- 567 **N:** E fora da sala é o nada. Oi?
- 568 **M:** Vamos considerar por enquanto o espaço infinito. Não tem o fora dele. Tá ((pausa)) mas se for se movimentando no nada, como pode isso? Não tem nem uma propriedade geométrica ((pausa)) como que a gente consegue pensar isso?
- 569 **F:** O espaço ((pausa))
- 570 **O:** Eu não consigo pensar num movimento absoluto porque pra você saber se uma coisa tá em movimento ou não você precisa comparar ele com alguma coisa. Todo movimento é relativo.
- 571 **M:** Só que ((pausa)) vamos definir movimento então, o que que é movimento pra vocês? É uma mudança no espaço ou uma mudança com relação a outro corpo?
- 572 **J:** Com relação a outro corpo.
- 573 **O:** Mudança com relação a outro corpo.
- 574 **M:** Tá, então não é a mudança no espaço. Então, se eu to girando em volta do N, eu to mudando de posição com relação a ele, então eu to fazendo um movimento.
- 575 **J:** Sim.
- 576 **M:** E ele tá mudando de posição com relação a mim.
- 577 **O:** E tá fazendo movimento.

- 578 **M:** E ele também tá fazendo um movimento. Então ((pausa))
 579 **J:** Em relação a você.
 580 **M:** Em relação a mim ((pausa)) eu não consigo ver na verdade quem tá se
 581 movendo ((pausa)) se existir só nós dois no Universo.
 582 **M:** E eu giro em volta dele ou ele gira em volta de mim. Tem como diferenciar
 583 isso?
 584 **O:** Se ele ((pausa))
 585 **R:** Não ((pausa))
 586 **J:** Se existir um referencial externo, sim.
 587 **O:** Mecanicamente, sim.
 588 **M:** Não, só nós dois ((pausa))
 589 **F:** Se ela gira em volta dele e eles tão no espaço vazio, não tem como distinguir.
 590 **M:** Eu consigo detectar que ele tá se movendo.
 591 **O:** Pra ele, ela tá em movimento. Pra ela, ele tá em movimento.
 592 **M:** Pensa naquele Universo vazio lá que a gente tava pensando e pensa que ele tá
 593 se movendo, eu consigo medir a distância e eu sei que ele tá se movendo.
 594 **N:** Ca*****!
 595 **M:** E no referencial dele, ele vai medir que eu to me movendo, não é? Vamos
 596 supor que ele tá parado e eu to girando em volta.
 597 **J:** Mas isso é o mesmo com a Terra em relação ao Sol né?
 598 **M:** Isso.
 599 **J:** E a gente provou que o Sol tá parado e a Terra que tá girando. E a gente tá na
 600 Terra.
 601 **F:** (Inaudível).
 602 **M:** Porque tem outras coisas envolvidas. Tem outras coisas pra medir com
 603 relação.
 604 **J:** Ah, verdade, tinha Marte ((pausa))
 605 **M:** Tem outros planetas, tem outras estrelas ((pausa)) mas enfim, pensando só
 606 nesse caso, nós dois. Eu to girando em volta dele, eu vou medir ((pausa)) se o
 607 movimento é uma relação entre dois corpos, então eu vou medir que ele tá
 608 variando de distância com relação a mim, quando ele for medir o meu
 609 movimento, ele também vai ver uma variação de distância com relação a ele,
 610 não vai? Tanto eu como ele. Pra mim ele tá girando e pra ele, eu to girando.
 Certo?
 601 **J:** Uhum ((pausa))
 602 **M:** Agora, os dois movimentos são equivalentes?
 603 **R:** São.
 604 **O:** Depende ((pausa))
 605 **J:** Não ((pausa))
 606 **M:** Existe um verdadeiro, sabe? Ele tá parado realmente e eu to girando
 607 realmente?
 608 **N:** Quem tá parado realmente e quem tá ((pausa))
 609 **J:** Pra você não existe, mas pra gente existe.
 610 **M:** Então ((pausa)) sua definição de movimento já é outra. Já não é mais com
 relação a ele. Sabe? Uma ((pausa)) é ao espaço. Se existir um movimento
 verdadeiro, tem que existir um espaço absoluto pra você fazer a mudança
 dele no espaço e não com relação a outra pessoa, sabe?
 610 **O:** (Inaudível)

- 611 **M:** Porque se for só uma relação entre corpos ((pausa)) não, essa é a solução que o Newton vai dar.
- 612 **N:** Mas a sua afirmação não foi o contrário disso?
- 613 **M:** Eu falei que pode ser ((pausa))
- 614 **N:** Você não afirmou que pode o contrário?
- 615 **M:** Pode. Como que pode o contrário?
- 616 ((Risos))
- 617 **F:** Macumba ((pausa))
- 618 **M:** Como que pode o contrário? É ((pausa)) o contrário não né ((pausa)) vamos supor que não existe o espaço absoluto. Não existe essa coisa ((pausa)) eu vou continuar definindo movimento com relação a outros corpos. Só que como que pode o movimento ser absoluto? Ou seja, ele ser independente do meu referencial. Se eu considerar o meu movimento com relação ao restante do Universo.
- 619 **R:** Certo ((pausa))
- 620 **M:** Que você falou lá da esfera ((pausa)) das estrelas girando, sabe? Em vez de eu estar girando, as estrelas estão girando. Então é com que eu definiria o movimento verdadeiro. Isso a gente vai discutir na terceira quinta, sem ser na próxima, na outra.
- 621 **O:** A terceira quinta ((pausa))
- 622 **F:** São quanto?
- 623 **O:** Quatro.
- 624 **M:** Quatro.
- 625 **F:** Vai dar?
- 626 **M:** Se vocês quiserem a gente continua, não tem problema ((pausa)) porque eu to gostando ((pausa)) ((Risos)). Não tem problema, eu posso ajudar vocês a montar o seminário de vocês também ((pausa)) a gente pega um tema desses e eu ajudo, não tem problema. O que eu tava falando? Esqueci ((pausa)) ah do movimento absoluto sem ser com relação ao espaço. O movimento absoluto com relação ao espaço seria a mudança daquele objeto no espaço, certo? Mudou de lugar ali, beleza ((pausa)) Agora, sem ser isso, pode ser uma mudança desse objeto com relação a todos os objetos do Universo. Percebe que é um referencial privilegiado? Você não tá considerando qualquer objeto, sabe?
- 627 **N:** Não ((pausa))
- 628 **M:** Você tá considerando todos.
- 629 **N:** É isso que eu tava tentando falar quando eu falei ((pausa)) quando eu expliquei ((pausa)) quando eu falei o que eu achava disso. É o seu movimento com relação a ((pausa))
- 630 **M:** Tudo ((pausa))
- 631 **N:** Tudo! Sabe ((pausa))
- 632 **M:** Isso foi o que o Mach tentou fazer, que é o cara que a gente vai discutir. Ele tentou fazer isso e ele acabou não conseguindo por não conseguir identificar onde estão todos os corpos do Universo.
- 633 **N:** No espaço! Que é ((pausa))
- 634 ((Risos))
- 635 **F:** No espaço, mas ((pausa)) ham? ((Risos))
- 606 **N:** Aí ele não seria absoluto ((pausa))
- 607 **M:** Porque todos os corpos do espaço ((pausa))
- 608 **N:** Porque nessa filosofia, tipo, o ((pausa)) pera aí ((pausa)) deixa eu pensar pra

- 609 **J:** não falar merda ((pausa))
 610 **N:** Calma, calma ((pausa))
 611 **O:** Ou os dois são absolutos ((pausa))
 612 **N:** Ou nenhum deles ((pausa))
 613 **N:** Ou o espaço é absoluto e o movimento não.
 614 **M:** É.
 615 **N:** Não existe a outra opção que é a de ((pausa))
 616 **M:** O movimento relativo no espaço absoluto?
 617 **F:** Não, o contrário.
 618 **N:** Pera aí, pera aí ((pausa))
 619 **F:** Espaço relativo e movimento absoluto.
 620 **N:** Não, pera aí, tem que falar devagar. Eu sou retardado, calma ((pausa))
 621 **J:** ((Risos))
 622 **F:** Ou os dois ((pausa))
 623 **M:** ((Inaudível))
 624 **M:** Todas, foram questões que o Newton passou por elas, o Descartes passou, sabe? Pra poder conseguir fundamentar a mecânica.
 625 **F:** Só que Newton tinha vinte e seis anos e já tinha descoberto tudo.
 626 **M:** ((Risos))
 627 **M:** Vai, continua.
 628 **N:** Ó, o esp ((pausa)) com isso aí que você falou, ou o espaço ((pausa)) tanto o espaço como o movimento são coisas absolutas, pela relação que a gente chegou. Ou o mov ((pausa)) ou o espaço é absoluto e o movimento não. Porque não tem como ((pausa))
 629 **M:** Não ((pausa)) ou o movimento é absoluto e o espaço não.
 630 **N:** Não, mas eu acho que não rola ((pausa)) eu acho que esse não vai.
 631 **M:** Como que rola o outro então? O movimento ser relativo ((pausa))
 632 **O:** E o espaço absoluto?
 633 **N:** Porque o movimento é sempre relativo ((pausa)) sei lá!
 634 **M:** ((Risos))
 635 **J:** O movimento é relativo com relação a ((pausa))
 636 **F:** A próxima aula ((pausa)) descobrir o que é espaço!
 637 **M:** Isso aqui é tipo um resuminho das perguntas ((pausa)) com a definição, só pra ((pausa))
 638 **F:** Obrigado.
 639 **R:** Cara, eu preciso ir ((pausa))
 640 **M:** Então, vamos encerrar porque ele precisa ir né, pra não perder a discussão.
 641 **F:** Tá tendo debate lá no C.A.
 642 **J:** Começou duas e meia.
 643 **M:** Vamos sair daqui e vamos pra lá ((pausa))
 644 **F:** E as cinco e meia vai ter assembleia.
 645 **M:** Deixa só eu pensar uma questãozinha pra vocês pensarem. O Newton ((pausa))essa questão do movimento, qual movimento é verdadeiro ((pausa))o meu ou o dele?
 646 **F:** Que? Fala, desculpa ((pausa))
 647 **M:** Lembra aquela questão ((pausa)) deixa pra vocês responderem em casa. Qual movimento é verdadeiro? Ele tá parado e eu to girando. Vocês chegaram à conclusão de que num referencial ele tá girando e no referencial dele eu to

- girando.
- 646 **J:** Sim ((pausa))
- 647 **M:** Existe ((pausa)) a questão é ((pausa)) existe um movimento verdadeiro? Sabe, eu que to girando de verdade ou ele tá girando de verdade.
- 648 **F:** Existe.
- 649 **N:** Eu acho que existe, se você observar a variação no espaço.
- 650 **M:** Se existe, como você vai diferenciar um movimento do outro se eles são totalmente equivalentes quando você vai medir?
- 651 **F:** Você é um ponto de ((Inaudível)).
- 652 **R:** Você pode sair da mecânica clássica ((pausa))
- 653 **M:** Pode.
- 654 **N:** Eu posso falar que eu estou olhando ele do ponto privilegiado?
- 655 **J:** Não, você é o ((pausa))
- 656 **M:** Não, você é um ou outro.
- 657 **F:** Então, mais fácil ainda ((pausa))
- 658 **J:** Existe, mas não dá definir qual.
- 659 **F:** Se eu to parado eu sei que eu to parado.
- 660 ((Risos))
- 661 **M:** Tá, não ((pausa)) mas aí ((pausa))
- 662 **J:** Um ponto material ((pausa))
- 663 **M:** Ou no seu referencial ou no dele, tem como diferenciar o movimento?
- 664 **N:** Não ((pausa)) não tem.
- 665 **F:** Não.
- 666 **M:** O Newton consegue diferenciar e eu quero que vocês pensem qual é a diferença.
- 667 **F:** Ooorra! ((Inaudível)) Newton ((pausa))
- 668 **J:** Eu acho (Inaudível) Newton ((pausa))

ENCONTRO 2

((Havia um convidado de um dos participantes, que possui intervenções mínimas, chamado de C. Dois participantes faltaram, por falha de comunicação))

- 1 **M:** Só relembra a discussão da aula passada ((Pausa)) do encontro passado ((Pausa)) sei lá ((Pausa)) ((Risos))
- 2 **N:** Que foi ((Pausa)) ((Inaudível)).
- 3 **M:** Bom, a gente discutiu se o espaço era absoluto ou relativo. Aí, vocês lembram o que significa o espaço ser absoluto?
- 4 **N:** A gente discutiu mas não chegou a conclusão nenhuma ((Pausa))
- 5 **M:** Certo ((Pausa)) mas o que significava, pelo menos o problema vocês entenderam?
- 6 **F:** Se ele é absoluto ele não depende de nada, se ele é relativo ((Pausa)) eu não entendi nada.
- 7 **N:** O espaço absoluto é aquele ser mítico que existe ((Pausa)) ser mítico ((Pausa))
- 8 ((Inaudível))
- 9 **M:** Ó pessoas, vamos lá que tem que terminar as quatro horas ((Pausa)) da outra vez passou uma hora. Bom, aí a gente tava na dúvida se o espaço existia mesmo. Se existia ((Pausa)) pode ser que ele exista e seja ou uma substância né ((Pausa)) algo independente da matéria ou existe e seja um conjunto de relações, só existe se existir a

matéria. Então, por exemplo, eu sou uma coisa, um objeto, ele é outro. E a relação entre eu e ele dá ((Pausa)) sei lá ((Pausa)) uma distância. E isso existe só porque eu e ele existimos. Se a gente deixar de existir o espaço não existe mais. Tem essa posição e tem a outra que é a dele inclusive, que se a matéria deixar de existir continua existindo o espaço que é onde a gente coloca as coisas. Qual que era a posição de vocês mesmo?

- 10 **F:** A minha era essa.
 11 **O:** A minha também era essa.
 12 **M:** Alguém acha que era um conjunto de relações que só existe dependente ((Pausa)) ele acha que é um conjunto de relações ((Pausa)) e vocês dois, vamos lá ((Pausa)) fala aí..
 13 ((Risos))
 14 **C:** Eu falei que a minha era ((Pausa))
 15 **N:** Você já falou mais do que o H e o V juntos!
 16 ((Risos))
 17 **C:** O do ((Pausa))
 18 **F:** Ele é muito formal ((Pausa))
 19 ((Risos))
 20 **M:** Não é nem do Newton né?
 21 **M:** Vamos fazer de novo a analogia da família lá pra aquele carinha entender. Você imagina ((Pausa)) ((Risos))
 22 **N:** O nome dele é C.
 23 **M:** Imagina uma família e ((Pausa)) é fácil né ((Pausa)) ((Risos))
 24 ((Risos))
 25 **M:** Na semana passada, o que que a gente discutiu? O que que era necessário pra família existir? Ah, é necessário que tenha as pessoas da família. As pessoas da família tem relações entre si, por exemplo, ele é pai dele. Né?
 26 **O:** ((Risos))
 27 **M:** E aí é uma relação entre eles. Será que se eles dois deixam de existir, essa relação continua existindo?
 28 **F:** Se meu filho morre eu continuo sendo pai?
 29 **D:** Senta mais pra cá ((Pausa))
 30 **F:** Senta aqui ((Pausa))
 31 **O:** Se a mãe e o filho morre, continua a mesma relação?
 32 **M:** Einh pessoal? O que que vocês acham? Continua existindo essa relação entre eles ou é só um conceito criado por nós, que nem o R tava falando ((Pausa))
 33 **D:** Não ((Pausa))
 34 **M:** Ou realmente existe uma posição que fica ali esperando você encaixar um pai e um filho.
 35 **D:** Não, ó ((Pausa)) eu acho que essa coisa que você falou que só tem o pai e a mãe na família. A família é só isso. O pai e a mãe?
 36 **F:** É ((Pausa))
 37 **O:** O pai e o filho ((Pausa))
 38 **D:** O pai e o filho. Quero dizer assim, só tem os dois. Se os dois deixar de existir, deixa de existir o conceito de família. No entanto, não deixa ((Pausa)) bom ((Pausa)) agora em relação ao Universo, não. Eu acho que essa analogia ((Pausa)) eu posso responder essa pergunta sim, deixam de existir ((Pausa)) e pro Universo não, não deixa de existir.
 39 **M:** Pra você a analogia ((Pausa))
 40 **D:** Não é ((Pausa))
 41 **M:** Não é ((Pausa))
 42 ((Inaudível))
 43 **N:** Eu posso dar a minha opinião sobre isso? Eu já acho assim que ((Pausa))
 44 **F:** Não pode ((Pausa)) ((Risos))
 45 **N:** Eu não concordo com a analogia, porque assim, por exemplo, eu podia ser tanto o pai como o filho. Quando me fez a comparação com o F ((Pausa)) mas de qualquer forma a relação pai e filho continuaria existindo, entendeu? Você só foi ((Pausa))
 46 **F:** Depois que os dois morrerem.
 47 **N:** Você só foi ((Pausa))

- 48 **M:** Existe independente das pessoas que ((Pausa))
- 49 **N:** Exato.
- 50 **F:** Se ele morrer, vai tá lá na ((Inaudível)) dele ((Pausa)) ele foi pai ((Pausa)) e também é difícil você falar que o espaço vai ser destruído ((Pausa)) acabar. A menos que você pense, sei lá, em buraco de minhoca ((Pausa)) ((Inaudível)).
- 51 **O:** Só o espaço, calma ((Pausa)) ((Risos)).
- 52 **M:** Vamos pensar no espaço agora ((Pausa)) você queria falar alguma coisa?
- 53 **C:** Não, é que tipo não é o espaço que vocês tem que discutir ((Pausa)) a noção do que é espaço. Não vai ter porque ((Pausa))
- 54 **M:** Então, mas será que existe mesmo o espaço? Essa coisa que é independente de tudo?
- 55 **D:** Independente da noção né?
- 56 **M:** Independente da noção. Existe essa coisa? Porque a gente não pode detectar. Será que existe mesmo? E será que é um conceito necessário? Porque, por exemplo, tem dois objetos. A relação entre eles é uma. Se eu mudo ele de lugar no espaço, a relação continua ((Pausa)) vamos supor que eu mude pra mesma distância ((Pausa)) a relação entre eles continua a mesma. Porque eu preciso postular um espaço pra dizer que eles estão ali? Porque eu não posso simplesmente é ((Pausa)) trabalhar com a relação entre eles? Sabe? Porque eu preciso postular, dizer que existe um espaço independente deles ((Pausa)) o lugar que eles foram colocados. Porque preciso disso?
- 57 **O:** Preciso de um mês ((Pausa))
- 58 **F:** É retórica?
- 59 **M:** Não.
- 60 **F:** Ah, ta.
- 61 ((Risos))
- 62 **F:** É que podia ser retórica, tipo ((Pausa)) você vai explicar depois. Não, porque tipo ((Pausa)) se ele tá em um lugar ((Pausa)) se ele tivesse no nada, ele não teria definido num ambiente. Se ele tá num espaço ((Pausa))
- 63 **N:** Talvez o que ele tá querendo dizer é que primeiro se você tirar ((Pausa))
- 64 **M:** Ó, ninguém come mais porque ele tá ((Pausa))
- 65 ((Risos))
- 66 **M:** Brincadeira ((Pausa))
- 67 ((Risos))
- 68 **M:** Bom, gente ((Pausa))
- 69 **N:** Eu acho que talvez o que ele queira dizer é que tipo ((Pausa)) você inverter o livro e a folha, se você tirasse o livro e a folha, isso ((Pausa)) o espaço que eles ocupavam continua a existir.
- 70 **M:** A relação fica aqui existindo, independente de ter isso.
- 71 **N:** É, essa relação sim existe.
- 72 **M:** Aí eu ((Pausa))
- 73 **N:** Porque você pode ocupar de novo.
- 74 **M:** Tá ali reservada. Aí eu coloco lá ((Pausa))
- 75 **V:** A única função do espaço é ser ocupável.
- 76 **D:** Será?
- 77 **M:** Mas porque ele precisa existir pra gente entender ((Pausa))
- 78 **F:** Porque você precisa ocupar algo!
- 79 **M:** E se existe só o espaço ((Pausa))
- 80 **N:** Porque eu acho que a matéria ((Inaudível))
- 81 **M:** Sabe, o espaço que é o da matéria. Depois eu tiro a matéria, porque que precisa continuar existindo o espaço?
- 82 **N:** Porque a matéria ((Pausa))
- 83 **F:** Porque ele tá aí. Porque o espaço ta aí!
- 84 **O:** ((Inaudível))
- 85 **M:** Por que que ele tá aí? Como que você prova isso?
- 86 **F:** Porque eu posso ocupá-lo.
- 87 **M:** Mas e ((Pausa)) ta. Mas e se eu posso ((Pausa)) e se eu disser que o espaço existe só

- quando eu ponho o objeto.
- 88 **F:** Aí você tá mentindo.
- 89 ((Risos))
- 90 **M:** Ele aparece quando a matéria aparece, sabe?
- 91 **O:** Não ((Pausa))
- 92 **M:** Porque que eu não posso dizer isso?
- 93 **N:** O espaço ele é móvel?
- 94 **F:** Porque necessariamente ((Pausa)) no mundo não existe não matéria. Matéria ((Pausa)) no nosso planeta não existe não matéria. Tem um átomo de carbono ali pelo menos ((Pausa))
- 95 **M:** Mas e o espaço entre um átomo de carbono e outro?
- 96 ((Inaudível))
- 97 **F:** O átomo de oxigênio. CO₂.
- 98 **M:** E entre os dois?
- 99 **F:** Não sei, cara!
- 100 ((Risos))
- 101 **N:** Não sei, mas deve ter alguma coisa!
- 102 **F:** Tem alguma coisa, porque ((Pausa)) é o bóson ((Pausa)) ((Risos)) que deu lá naquele negócio.
- 103 **M:** Bom, esse debate ((Pausa)) a gente debatendo assim sem nenhum referencial, a gente não vai chegar a lugar nenhum na verdade, porque não tem como comprovar. A gente não tem como ir lá e medir o espaço e falar, ah, ele é só um conjunto de relações ((Pausa)) ou não, ele é um coisa que independe da matéria. O que a gente pode fazer pra compreender isso, é ver quais são as consequências dependendo da opção que a gente escolhe. E com as consequências a gente pode ser a favor ou não ((Pausa)) sabe, de uma coisa que é metafísica, que é além da física, que é além da natureza, da experiência que a gente consegue detectar. É uma coisa que dá pra ver que isso é uma questão de crença, sabe? A gente escolhe porque a gente consegue explicar melhor uma outra coisa. Isso a gente vai ver como que o Newton fez isso e depois outras pessoas que criticaram. Fala ((Pausa))
- 104 **V:** Existe algo ((Pausa)) vai ((Pausa)) ah, o espaço é absoluto e mimimi ((Pausa)) tipo, comprovado assim, ou é tudo, tipo, filosófico, metafísico?
- 105 **M:** Tudo metafísico. Não existe alguém que foi lá e mediu ((Pausa))
- 106 **F:** Então qualquer coisa que sai aqui pode ser verdade.
- 107 **N:** Mas quando você fala de movimento já não né?
- 108 **M:** Quando fala de movimento não.
- 109 **N:** Porque o Einstein provou que o movimento ele é absoluto não é?
- 110 **M:** Não ((Pausa)) aí a gente vai ver ((Pausa)) tem vários sentidos em que você pode falar que uma coisa é absoluta e que ela é relativa. O Einstein, o que ele fez foi mostrar que o movimento ele é relativo a outros corpos, mas tem um movimento que continua absoluto ((Pausa))
- 111 **N:** Que é o da luz ((Pausa))
- 112 **M:** Que é o movimento circular. Depois, se der, a gente vai ver isso hoje. Ele é absoluto porque você consegue detectar algumas coisas nele que não depende de outro referencial. A gente vai ver isso hoje, vocês vão entender.
- 113 **N:** É porque um amigo meu que ((Pausa))
- 114 **F:** ((Inaudível)). Tava no texto aqui ((Pausa)) ontológico.
- 115 **M:** Ah, ontológico?
- 116 **F:** Que tá aqui no Google, tipo ((Pausa)) ontologia. Ligado ao que se escuta ((Pausa))
- 117 **M:** Ontológico tá relacionado com a existência. Por exemplo, existe o espaço ou não? Quando você se pergunta essas coisas sobre existência, se o ser ((Pausa)) é ontologia. É uma área da filosofia.
- 118 **F:** Hum ((Pausa))
- 119 **N:** ((Inaudível)).
- 120 **M:** Bom, aí só voltando ((Pausa)) só perguntar uma coisa do curso de mecânica,

- principalmente porque a gente tá falando ((Pausa)) ah ((Pausa)) mas a mecânica pra mim ((Pausa)) eu imagino um espaço, um lugar fora do nada, assim, sem relação nenhuma ((Pausa))
- 121 **D:** Ah, sim sim sim. Não, lembro. Pode perguntar. Eu to pronto. Pode perguntar.
- 122 **M:** O que que é inércia? Que que é inércia? Vamos lá ((Pausa))
- 123 ((Risos))
- 124 **D:** Inércia é tipo ((Pausa))
- 125 **M:** Então, o que que é inércia?
- 126 **D:** É a tendên ((Pausa)) tipo ((Pausa))
- 127 **F:** É a tendência de um corpo. Pra mim é isso.
- 128 **D:** É ((Pausa)) quanto maior a ten ((Pausa)) quanto maior a inércia, mais difícil o corpo vai à sua velocidade. Digamos assim, se movendo. Se ele tá em repouso ((Pausa))
- 129 **F:** Acho que é mais básico que isso.
- 130 **D:** Agora ((Pausa))
- 131 **N:** Eu, eu ((Pausa))
- 132 **D:** Inércia é uma coisa que eu vejo que é um conceito, é tipo ((Pausa)) não é um conceito tipo entropia, que entropia tem uma unidade, dimensão. Sei lá, Jota por Kelvin. Não. Inércia não tem ((Pausa)) não é metro por segundo ou ((Pausa)) é mais ((Pausa)) Entendeu? É mais puro que ((Pausa)) não depende de nada.
- 133 **M:** Alguém? Alguém mais? Você dois podem falar.
- 134 **F:** ((Inaudível)) resistência.
- 135 **D:** Então, é uma resistência que ((Pausa))
- 136 **C:** O V levantou a mão ((Pausa))
- 137 **F:** Isso, compartilha uma resistência. Shiiiiiiiiiiiiiu!
- 138 **D:** O V vai falar.
- 139 **V:** A inércia é a tendência de um corpo continuar aquilo que tá fazendo. Se ele tá em repouso ele quer continuar em repouso. Se ele tá em movimento, quer continuar em movimento.
- 140 **N:** Eu acho que só tem um detalhezinho a mais, que tipo ((Pausa)) desse jeito que você explicou parece que tipo ((Pausa)) se ele tiver em um movimento acelerado ele tende a permanecer em um movimento acelerado.
- 141 **M:** É, não é qualquer movimento que ele tenha né?
- 142 **N:** Não é qualquer movimento. É o movimento uniforme ou parado, já era.
- 143 **V:** Ah, sim, entendi.
- 144 **M:** Em linha reta. Tá. E o que que é o referencial inercial?
- 145 **D:** É o que não tá acelerado.
- 146 **M:** Tá. E ((Pausa))
- 147 **V:** Que tá em inércia ((Pausa))
- 148 **N:** Justo.
- 149 **M:** Mas, é circular essa definição né? Porque ele fala, o que que é um referencial inercial?
- 150 **D:** É um referencial não acelerado.
- 151 **M:** E o que que é um referencial não acelerado?
- 152 **D:** Que está em inércia ((Pausa))
- 153 ((Risos))
- 154 **M:** Um referencial não inercial!
- 155 ((Risos))
- 156 **M:** Entendeu?
- 157 **D:** Não, não dá pra falar assim ((Pausa)) que você ((Pausa))
- 158 **M:** Não, mas é circular porque você aprendeu assim, não é culpa sua.
- 159 ((Risos))
- 160 **F:** Essa é a pesquisa ((Pausa)) ((Risos))
- 161 **N:** Eu ia falar isso agora. Essa é a pesquisa dela.
- 162 **M:** Eu só vou dar uma justificativa diferente ((Pausa))
- 163 **D:** O que que é?
- 164 **M:** Você vai ver ainda, mas ((Pausa)) é ((Pausa))

- 165 **D:** Ah, ta, ta ((Pausa)) pensei que você tava só ((Pausa))
- 166 **M:** E porque que as leis de Newton só valem em referencial inercial?
- 167 **D:** Deixa eu pensar. Espera aí. Hum ((Pausa)) porque se o referencial for acelerado tem uma força envolvida aí também. Ah ((Pausa)) deixa eu pensar.
- 168 **M:** E porque aparece uma força ali?
- 169 **D:** Ah, eu ia falar por causa da aceleração. Aí ((Inaudível)) né?
- 170 **M:** Você percebe que isso ((Pausa))
- 171 ((Risos))
- 172 **N:** Porque não tem como provar que força ((Pausa)) que a força tá ligada a aceleração. Ela está e pronto. Certo?
- 173 **F:** Sei lá! Não faço a mínima ideia.
- 174 **M:** Que a força tá ligada à aceleração?
- 175 **N:** ((Inaudível)). Ah, aí você vai pelo ((Pausa))
- 176 **M:** Ah, pera aí, essa força que você tá falando, são que forças? Porque tem dois tipo de força.
- 177 **D:** Força externa, eu acho. É isso? Ou interna? É essa opção que você queria?
- 178 **M:** É, tem essas duas ((Pausa))
- 179 ((Risos)) ((Inaudível))
- 180 **D:** Você vai ter que explicar agora, eu não entendi, de verdade.
- 181 **M:** Vocês vão ver hoje, depois eu explico melhor então.
- 182 **D:** Ah ta.
- 183 **M:** Vamos voltar só na questão ((Pausa)) só pra você ((Pausa)) eu só fiz essa pergunta pra vocês entenderem como é circular isso. Você escolhe um referencial não inercial, ou inercial, porque se você escolhe um não inercial aparece força. E porque aparece força? Porque ele é não inercial, sabe? Fica ((Pausa)) você não ((Pausa)) sei lá. Não dá pra entender direito porquê.
- 184 **N:** Eu sempre pensei que era por causa que, tipo ((Pausa)) se o ((Pausa)) por exemplo, se você pega essa caixa de bis e aí você vai fazer as coisas com relação a esse pratinho. Aí, se o pratinho tiver em movimento e ele também. A velocidade dele, as coisas em relação a ele vão tá completamente mudando com relação a esse. Porque, por exemplo, se você pensar numa coisa mais básica que varia no espaço. É o ((Pausa)) movimento. É o espaço! Qualquer movimento varia o espaço. De certa forma. Sabe. É tipo, por exemplo, o espaço que essa daqui tá percorrendo num corpo, esse também tá, não é a ver ((Pausa)) o espaço absoluto que essa percorreu.
- 185 **O:** Mas ((Pausa))
- 186 **F:** Espaço em relação a distância?
- 187 **N:** Porque é esse em relação a esse. Não, sim ((Pausa)) aqui é espaço como distância.
- 188 **F:** Ta ((Pausa))
- 189 **M:** Tipo assim, por exemplo. A relação de espaço que esse percorreu no movimento dele, com relação a um referencial não inercial, é absoluto. Aí, tipo, quando você pensa em referencial não-inercial, que tipo, tá em movimento ((Pausa))
- 190 **N:** Mas pode ser inercial né? Esse outro. Se ele tiver com velocidade constante.
- 191 **F:** Eu posso fazer uma pergunta idiota? Que ((Pausa))
- 192 **N:** É, então.
- 193 **F:** Se você tiver a 100 por hora e observar alguém que tá a 100 por hora do seu lado, você tá parado, de certo modo.
- 194 **N:** Sim.
- 195 **F:** Então por isso que a ((Pausa)) tipo ((Pausa)) você precisa de um referencial não inercial pra ((Pausa)) porque você precisa ((Pausa)) quando você vai falar de movimento, você precisar comparar a algo, que nem você falou. A distância. Você só vai comparar algo que tá parado, é diferente de comparar algo que tá se movimentando. Muda tudo isso.
- 196 **N:** Então, era isso que eu ia falar. Porque se eles tiverem na mesma velocidade ((Pausa))
- 197 **F:** Gravidade ((Inaudível)).
- 198 **M:** Fala ((Pausa))
- 199 **D:** Sabe o que eu acho? Agora eu tava pensando. Se um referencial não for inercial, ele tá

- acelerado. Porque eu pensei nesse exemplo que ele falou. Aí existe uma força. Porque existe uma força? Que era aquilo que você tinha perguntado. Por que? Por causa que se tá acelerado, tem que variar a velocidade. Tudo bem? Não vai variar isso se não existir uma força. Eu acho que é por isso que ela existe. Ou não?
- 200 **F:** Ela existe como consequência de outra?
- 201 **M:** Mas qual que é a origem dessa força? Você tá falando ((Pausa))
- 202 **D:** Essa força só existe por causa que ela ((Pausa))
- 203 **F:** Essa força existe mesmo?
- 204 **D:** Não é uma pseudoforça? Sei lá ((Pausa))
- 205 **M:** De que força que vocês tão falando?
- 206 **F:** Pseudoforça ((Pausa)) ((Risos)). Então não existe! ((Risos))
- 207 **M:** O que é ensinado pra vocês é que quando tem movimento circular você precisa de uma força centrípeta né?
- 208 **O:** Uhum.
- 209 **M:** Sempre mantendo o movimento ali puxando pro centro. E o que é explicado também é que você não pode usar esse referencial do círculo, por exemplo, pra fazer uma medida porque ele é acelerado. Se ele é acelerado, a pessoa que tá ali naquele referencial vai pensar que existe uma força ali. Porque por exemplo, se a lei de Newton diz que a somatória das forças tem que ser nula ((Pausa)) só que você tá ali e tá sentindo uma coisa, não tá? Quando você tá girando?
- 210 **D:** É, que nem no ônibus quando você faz a curva você ((Pausa))
- 211 **M:** Aparece uma força e aí eles falam que essa força é fictícia porque no fundo ela não existe. Ela só é uma impressão porque você está num referencial acelerado.
- 212 **F:** To entendendo nada.
- 213 **D:** Não. Eu to entendendo também. Faz muito sentido.
- 214 **F:** Não, mas eu não.
- 215 **M:** Então explica pra ele. É mais fácil. ((Risos))
- 216 **D:** Assim, ó. Você tá num carro e o carro faz a curva, se o carro fizer a curva pra lá, você acha que você ((Pausa)) que você vai pra cá? ((Inaudível))
- 217 **N:** Se você tiver com preguiça, o que que você faz?
- 218 **M:** Centrífuga. Essa é a centrífuga.
- 219 **F:** Então não é centrípeta, é centrífuga. ((Inaudível))
- 220 **D:** E não era disso que você tava falando?
- 221 **M:** É.
- 222 **F:** Tava falando da centrífuga ou da centrípeta?
- 223 **M:** Das duas.
- 224 **V:** Não, porque ((Pausa)) qual que é a diferença?
- 225 **D:** A força centrífuga ela existe porque ((Pausa))
- 226 **F:** A centrípeta te puxa pro centro. A centrífuga te puxa pro lado.
- 227 **N:** Pro lado entre aspas, porque você tem que escapar pela tangente.
- 228 **F:** É.
- 229 **M:** Então, o que foi ensinado ((Pausa))
- 230 **N:** Porque você tende a um movimento retilíneo uniforme.
- 231 **M:** Eu vou falar outra coisa do que vocês tão falando. Um pouquinho diferente. Eu vou falar o que é ensinado, pra vocês entenderem depois. O que é ensinado? Quando você faz o círculo ali, você precisa de uma força centrípeta, certo?
- 232 **F:** Certo.
- 233 **M:** Por você tá nesse referencial, quando você tá lá você considera que você tá em repouso. Não considera? Se você escolhe um referencial que tem um movimento circular você vai dizer “estou em repouso” pra fazer medidas.
- 234 **F:** Sim.
- 235 **M:** Só que quando tem uma aceleração, você vai sentir uma outra aceleração que é a força centrífuga. É ensinado que aparece uma força fictícia por você estar num referencial acelerado. E aí você não pode usar esse referencial porque a segunda lei de Newton não seria mais igual a $f=ma$. Seria $f=ma$ mais umas outras coisas. Seria essa força que

- apareceu. Tá? Só que não é bem assim que funciona. Eu vou dar dois dados empíricos pra vocês. A gente vai aceitar isso como verdadeiro, porque a gente não tem as medidas, mas é dado empírico. É ((Pausa)) quando tem movimento circular, você sente ((Pausa)) tá fazendo uma curva ((Pausa)) você sente aquela força pra fora e aquela força é real. No momento em que você está sentindo aquela força. Você consegue, por exemplo, se fosse uma gelatina girando. Amarra uma gelatina numa cordinha.
- 236 **N:** Você vê que ela ((Pausa))
- 237 **M:** Ela não vai se deformar? Você consegue ver que ela se deforma. Quando que é fictício?
- 238 **F:** Quando não é verdadeiro.
- 239 **M:** ((Risos))
- 240 **N:** ((Inaudível)).
- 241 **M:** Quando que é fictício, por exemplo. Ta aqui ((Pausa)) ó ((Pausa)) meu círculo não foi tão perfeito hoje.
- 242 **F:** Não, foi ((Pausa))
- 243 **M:** Aqui, sei lá. Tá a bolinha girando. Aí tá o F aqui. O F ta vendo aqui a bolinha girando e a bolinha, enquanto tá girando ((Pausa))
- 244 **F:** Mas tá bem real, to sem cabelo ((Pausa))
- 245 **M:** Enquanto tá girando. A bolinha se ela tivesse como perceber, ela veria que ((Pausa)) ela sentiria né, essa força, e causaria uma deformação se fosse uma gelatina por exemplo. Beleza. Quando eu solto ((Pausa)) vamos supor, eu solto essa bolinha, o que vai acontecer com ela? Pela lei da inércia ela vai tender a ir pela tangente né? Ah, o carinha que tá de fora vai ver isso aqui. Só que se tiver uma pessoa girando aqui ((Pausa)) continua uma pessoa lá e a bolinha sai. Como ela tá girando e a bolinha tá saindo pra lá, ela vai pensar que a bolinha tá indo no sentido radial. Não na tangente. Vocês conseguem perceber isso? Tipo, o cara continua aqui e a bolinha tá fazendo isso ó. O cara vai ver ((Pausa))
- 246 **D:** Aaaaah, sim!
- 247 **M:** O cara vai ver a bolinha indo na radial. Então ele vai falar “tem uma força empurrando essa bolinha”. Se você fizer essa medida, dá exatamente igual a força centrípeta.
- 248 **D:** Que é ((Pausa))
- 249 **M:** É mv^2 sobre r. Então o cara fala “meu tem uma força puxando a bolinha”. Só que como é só um efeito de referencial, pra esse cara aqui ele tá conseguindo movimento de inércia. Pra esse aqui tem uma força, mas não tá fazendo deformação nenhuma, é só um efeito. Uma impressão pelo referencial. Então essa força sim é fictícia.
- 250 **F:** Isso é tipo uma ilusão óptica, isso?
- 251 **M:** Não sei se é óptica. É, tudo que a gente vê é através da luz né, mas ((Pausa))
- 252 **F:** Então, porque se a gente tá girando ((Pausa))
- 253 **M:** Isso é uma questão de referencial ((Pausa))
- 254 **N:** Tá em inércia, e como a inércia não é uma força, e pra aquele cara aparece. Ela é ((Pausa)) ela acontece pra um ((Pausa))
- 255 **F:** Ela só é real pro corpo e é fictícia pro observador.
- 256 **M:** Não. Depois que solta. Esquece aquela parte que ela tá girando. Depois que solta, ela é, aqui pro observador, simplesmente seguiu o movimento por inércia.
- 257 **D:** Sem força
- 258 **M:** Sem força nenhuma. Esse cara aqui, ele viu a bolinha se afastando na radial.
- 259 **V:** A força centrífuga.
- 260 **M:** Então ele vai falar “ah, tem uma força puxando essa bolinha”. Ele vai pensar que tem uma força, mas ele pode chegar à conclusão de que não é porque não causa nenhuma deformação.
- 261 **F:** E a força real?
- 262 **M:** A força real é enquanto tá girando. Porque ele vai querer sair, enquanto ele não ((Pausa)) a gente vai entender isso aí. A força e ação e reação da terceira lei de Newton é igual a essa. A gente vai entender estudando Newton ainda.
- 263 **F:** Entendi.
- 264 **M:** Eu concordo com você.

- 265 **F:** Que bom né? ((Risos)) Se não ((Pausa))
- 266 **N:** É que quando ela começou a falar eu falei “nãaa, isso daí tá errado”.
- 267 **M:** Mas voltando na questão do princípio da inércia, que é continuar no movimento retilíneo uniforme. Esse movimento retilíneo é em relação a quê?
- 268 **F:** Oooo.
- 269 **M:** Todo movimento tem que ser medido com relação a alguma coisa?
- 270 **F:** Tem.
- 271 **D:** Ah, retilíneo. Não a parte do uniforme. Se ele é reto ((Pausa))
- 272 **M:** É, retilíneo e uniforme.
- 273 **F:** Nem se for a parte do instante ((Pausa)) do espaço inicial. Porque o movimento tem que ser sempre medido através de um espaço e tempo inicial.
- 274 **M:** Mas esse espaço inicial tá onde?
- 275 **F:** No espaço inicial dele.
- 276 **N:** Seria um espaço se ((Pausa))
- 277 **M:** Vocês tão acompanhando a discussão? Ninguém pode ficar pra trás einh.
- 278 **N:** Seria o lance do espaço absoluto?
- 279 **M:** Então, se for com relação ao espaço absoluto, como a gente mede isso? Se o espaço é todo igual. Porque assim, pra fazer uma medida, a gente não compara sempre com uma posição de um outro corpo? Fala assim, ah, lembra aquele exemplo? Eu tava girando em volta do N, ele sabe que eu to girando porque eu to mudando de posição em relação a ele.
- 280 **F:** Não, que nem você falou, o espaço pode ser absoluto e o movimento relativo.
- 281 **M:** É como que ((Pausa)) tá, o espaço ((Pausa)) mas qual é a necessidade de eu ter um espaço absoluto se eu faço todos os movimentos com relação a outro corpo?
- 282 **F:** Mas não é necessidade, ele é assim! A gente não pode saber como que ele é.
- 283 **M:** É uma crença sua, porque não tem nenhuma prova!
- 284 **F:** Newton e Einstein concordam comigo! ((Risos)).
- 285 **M:** Não, eles ((Pausa))
- 286 **D:** Eu não entendi onde você quer chegar. Porque pensa assim ó, que a gente tá aqui no laboratório. Ó, eu corro uma reta. Aqui tá ((Pausa)) é o meu objeto. Ele vai se mover. É que esse é grande, mas imagina um objeto pontual. Que ele vai se mover. Bom, se a régua começar aqui no zero da régua, eu posso usar o zero da régua como meu espaço. Eu não preciso levar em conta o espaço que existe pra cá. O espaço que existe pra lá, o espaço tridimensional. Não.
- 287 **M:** Mas você percebe que esse espaço ((Pausa)) esse ((Pausa))
- 288 **D:** Da régua.
- 289 **M:** É relativo? Você percebe que ele é relativo?
- 290 **D:** Por que? Não, porque meu zero poderia ser aqui.
- 291 **M:** É, ele é em relação a outro corpo.
- 292 **D:** Mas isso não tem problema.
- 293 **M:** Então, não tem problema, mas a questão é: existe um espaço que seja o verdadeiro?
- 294 **D:** Que seria zero aqui sempre.
- 295 **V:** É, zero zero.
- 296 **M:** Assim ((Pausa))
- 297 **F:** Aí a gente volta naquele negócio que a J falou, tipo, se o espaço tá crescendo ((Pausa))
- 298 **M:** Ó pessoal, essas coisas vocês vão ter que deduzir pra mim. Do nada, que é o que a gente sabe. Por exemplo, ah, buraco de minhoca, é ((Pausa)) espaço ((Pausa))
- 299 **F:** Tá, eu posso falar ((Pausa))
- 300 **M:** Tem deduzir ((Pausa)) mas tem que explicar pra gente. Deduzir do que a gente sabe. Porque não adianta a gente ver ((Pausa))
- 301 **F:** Tá bom. O efeito dopler ((Pausa))
- 302 **M:** Não adianta a gente usar argumentos que a gente não entende ainda.
- 303 **F:** Tá. Você queria falar ((Pausa))
- 304 **N:** Não, eu falei “eu também quero aprender”.
- 305 **F:** Porque tipo, isso é medida do ((Inaudível)). Ele manda um sinal. O sinal é tipo, ta

- passando a ambulância. Quando você tá de frente pra ambulância, você escuta muito bem. Agora, quando a ambulância passa, vai diminuindo, diminuindo mesmo se você tiver no mesmo ponto. Assim como pra frente como pra trás, muda o som. E a ((Pausa))
- 306 **N:** ((Inaudível))
- 307 **F:** É, ((Inaudível)). Quando você faz isso com o Universo, você tem cada vez mais a luz demora pra chegar. Ele tá em expansão, tipo, eu joguei uma onda aqui agora, ela voltou em dez anos. Joguei agora, ela voltou em vinte. Joguei a próxima, ela voltou em 30.
- 308 **D:** Ela bate no final do Universo?
- 309 **F:** Ela bate e volta.
- 310 **D:** Aonde?
- 311 **F:** No final! O Universo tá expandindo.
- 312 **D:** Mas o Universo não expande na velocidade da luz?
- 313 **F:** Não. Não sei, eu pensei que era maior que a luz.
- 314 **M:** Então, mas vamos supor então que o Universo está expandindo ou não, mas o que isso diferencia pra gente fazer uma medida?
- 315 **F:** Porque se ((Pausa))
- 316 **D:** Em nada pra mim.
- 317 **N:** Pra mim também não.
- 318 **M:** Por isso que é melhor considera ele ou como infinito, ou ((Pausa))
- 319 **D:** É!
- 320 **M:** Tanto faz pra discussão.
- 321 **D:** Tanto faz pra mim. Nesse momento.
- 322 **F:** Não, é porque assim, pra mim interfere.
- 323 **M:** Qual? Então explica pra gente.
- 324 **F:** Você falou que não existe um ponto inicial. Se ele ((Pausa))
- 325 **M:** Eu não!
- 326 **F:** Ele falou. Que não existe um ponto inicial, que você não poderia falar “o Universo começou aqui”.
- 327 **M:** Não, mas ninguém tá falando isso. A gente tá discutindo como fazer uma medida.
- 328 **F:** O espaço. O espaço. O espaço começou aqui, pro Universo existir ele tá dentro de um espaço. Então, se você conseguir comprimir o todo. ((Inaudível)). Ele tá expandindo e como chegar no máximo ele vai comprimir.
- 329 **M:** Hum ((Pausa)) não ((Pausa))
- 330 **F:** ((Inaudível)) E quando ele comprimir vai ser o ponto zero, o que seria. O que já houve. O Universo expande e contrai igual tipo, as temperaturas.
- 331 **M:** É, acho que ele entendeu diferente do que você tá falando.
- 332 **D:** Não, eu não tinha falado isso. Eu tinha falado assim, o zero ((Pausa)) não um zero do Universo assim, mas um zero que não dependa do referencial. O zero pode ser, pegando a régua, é ((Pausa))
- 333 **N:** Um zero relativo.
- 334 **D:** Não. Zero relativo a gente tem, a gente quer o zero absoluto.
- 335 **F:** Pra mim o zero absoluto é esse!
- 336 **N:** Pra mim o zero absoluto seria ((Pausa)) eu também concordo. Porque é como se você voltasse a fita do Universo. Pega uma fita mística que vê o Universo de ((Pausa)) que mede a história do Universo. E ele tá crescendo, então se você parar e voltar a fita, ele volta ((Pausa))
- 337 **M:** Pera, acho que fui eu que coloquei o problema errado. Não é questão de ter um lugar que é o referencial que você vai começar a medir dali.
- 338 **F:** É o conceito de absoluto que você fala?
- 339 **M:** É ((Pausa))
- 340 **F:** ((Inaudível))
- 341 **M:** É, também. ((Risos)). As duas coisas. Deixa eu explicar de novo o que eu queria dizer. Quando você tem um movimento, a gente fala que o movimento é o que? A mudança de lugar no espaço. Por exemplo, tava nesse espaço aqui, só que ele mudou, veio pra cá. Então ele se movimentou. Aí ele falou lá no laboratório. Então eu posso por o zero onde

eu quiser lá e começar a medir a mudança desse movimento. Isso é com relação a Terra. Porque por exemplo, a Terra tá parada e isso se moveu com relação a Terra. Então é como se tivesse um espaço com relação a Terra que você tá medindo a mudança de lugar aqui. Agora, por exemplo, se tá esse objeto parado, na Terra, e você vai pegar o Sol, por exemplo. Ele não tá girando junto com a Terra e não tá mudando de lugar junto com a Terra?

- 342 **D:** Sim.
- 343 **M:** Só que esse lugar que ele tá mudando já é com relação ao Sol. É como se existisse um espaço imóvel ali em volta do Sol e você tá mudando de lugar nesse espaço do Sol.
- 344 **D:** Nossa ((Pausa))
- 345 **M:** Agora, quando é o espaço da Terra, ele não muda de lugar. Vocês tão ((Pausa))
- 346 **D:** Mas os dois fazem ((Inaudível)).
- 347 **F:** Aí considera aquele outro lado lá ((Pausa)) material como referencial.
- 348 **M:** Eu quero saber se existe um espaço que é o verdadeiro.
- 349 **F:** Não, não existe.
- 350 **D:** Quando é direto no Sol não é igual.
- 351 **N:** E quando qualquer movimento ((Pausa))
- 352 **M:** Então não existe o espaço absoluto pra vocês! O espaço é sempre relativo a alguma coisa.
- 353 **F:** Mas é que nem você falou, o espaço absoluto tem várias definições.
- 354 **M:** É, a gente vai ler já.
- 355 **F:** Então, pra mim o espaço é absoluto pelo simples fato de ele não depender de nada.
- 356 **M:** Tá, tudo bem. Nesse sentido é absoluto.
- 357 **F:** Nesse único sentido. E também em relação a tipo ((Pausa))
- 358 **N:** Mas eu acho que ((Pausa)) rapidinho ((Pausa)) eu acho que aí não vale mais, porque você não tá mais analisando um espaço. Você tá analisando o movimento.
- 359 **M:** Sim, você tá analisando o movimento, só que ((Pausa))
- 360 **N:** O movimento é relativo.
- 361 **M:** A definição de movimento é espaço sobre tempo né?
- 362 **O:** É.
- 363 **F:** É, depende do espaço e tempo.
- 364 **M:** Você tá mudando ele num espaço. A questão é, que nem aquele problema que eu falei pra vocês pensarem em casa. Se eu to girando em volta do N, no meu referencial ele tá girando em volta de mim, e no referencial dele, eu to girando em volta dele.
- 365 **F:** Se vocês girarem de mãos dadas ((Pausa)) o mundo girando.
- 366 **M:** É equivalente. O movimento. As medidas que eu vou fazer, tanto eu quanto ele são equivalentes. Agora, será que um dos dois tá fazendo um movimento verdadeiro mesmo? Sabe? Eu to girando de verdade? Ou ele tá girando de verdade? Essa é a questão. Independente de se você coloca o zero.
- 367 **F:** Na questão Sol, Terra, livro. Não teria que ser considerado tipo, ah, o livro é só um ponto material. É tão pequeno que a gente não vai considerar ((Pausa))
- 368 **M:** Por quê? Mas a gente ((Pausa))
- 369 **F:** A gente tá analisando o movimento do livro em relação ao Sol? Ou a gente tá analisando o movimento?
- 370 **M:** O movimento.
- 371 **F:** Só o movimento ((Pausa)) ele é tão pequeno que não deve ser considerado.
- 372 **M:** Por quê?
- 373 **N:** Se você ((Pausa))
- 374 **M:** Pega a Lua então ((Pausa))
- 375 **N:** Não, mas nem isso. Analisa um espaço de tempo muito grande.
- 376 **F:** Tá.
- 377 **N:** O movimento do livro daqui a um ano vai ser grande em relação ((Pausa))
- 378 **M:** É, pode ser assim, pra satisfazê-lo. ((Risos))
- 379 **O:** ((Inaudível))
- 380 **M:** Vocês entenderam o problema? Que é saber qual que é o movimento. Se existe o

- movimento real mesmo e depois dependendo de como você responde isso, o espaço vai ser independente, vai existir independente das coisas ou vai ser só uma relação. Que é o caso do livro em relação a Terra.
- 381 **F:** Mas ele pode ser independente e ter uma relação.
- 382 **M:** Pode.
- 383 **N:** Vocês não acham que aí é uma característica do espaço, tipo, ele é muito f***.
- 384 ((Risos))
- 385 **N:** Porque ele pode ser os dois.
- 386 **M:** Ele pode ser os dois, mas qual que é o verdadeiro?
- 387 **F:** Existe um espaço verdadeiro.
- 388 **D:** Ah, não sei, por isso que eu to com dificuldade.
- 389 **F:** Pensa assim, eu acho que o espaço pra mim, eu vejo o espaço como uma entidade mística. Não existe como verdadeiro. A gente ((Pausa)) pode ser que daqui a cinquenta anos, cinco dias ou cinco horas a gente descubra. Mas, nesse momento, nessa sala a gente não tem uma concepção de espaço, então ele é algo metafísico.
- 390 **M:** É, sempre ((Pausa))
- 391 **F:** E se algo é metafísico não pode existir uma concepção verdadeira.
- 392 **M:** Não pode existir uma concepção verdadeira, mas quando uma teoria física, que é nosso interesse aqui. Que a filosofia é misturada com a física. Quando a teoria física ((Pausa)) faz uma teoria, ela responde a uma pergunta dessa.
- 393 **F:** Não, sim ((Pausa)) mas.
- 394 **M:** E aí tem as consequências.
- 395 **F:** Eu acho que a teoria física que a gente monta é apenas baseada em ideias. Existe uma ideia que a gente aceita.
- 396 **M:** Mas ela está relacionada com a experiência de alguma forma.
- 397 **F:** Não, sim.
- 398 **N:** E as teorias que são provadas?
- 399 **M:** Então, tem isso ((Pausa))
- 400 **F:** Então, é porque assim, é provado por quê? Por que é assim. Isso é assim. Isso assim por quê? Porque isso tem que dar certo. Por que que isso tem que dar certo? Porque isso é assim. Não é isso?
- 401 **M:** Também. É que assim, não tem como você provar uma teoria inteira. Por exemplo, você prova a segunda lei de Newton, mas você não prova o que é mais fundamental dela que é considerar o espaço absoluto. Isso você não prova, só que você consegue explicar com uma coisa que tá na experiência. E existem várias explicações pra uma experiência. Pra uma mesma experiência.
- 402 **F:** Acho que tem um livro que eu li que se chama história das ideias. Ele fala mais ou menos assim. O que que é o dinheiro? Dinheiro é um papel. Se o mundo para de acreditar que o papel vale alguma coisa ele deixa de valer. Um dia ele não vai valer mais nada. É tipo, que nem um metro. A gente sabe que um metro é um cem centímetros. Se a gente falar, ah, vamos mudar e estabelecer uma regra, existem regras pra jogar o jogo. Temos regras pra conceber a física.
- 403 **M:** Não, você tá totalmente ((Pausa))
- 404 **F:** Eu acho que por isso que a gente não pode definir o espaço. O espaço é absoluto e relativo.
- 405 **M:** Então, mas dentro de uma teoria ou ele é absoluto ou ele é relativo, nesses sentidos aí. No caso da teoria do Newton, a gente vai ver que ele escolheu o espaço ser absoluto em todos os sentidos. Calma, não lê ainda não, deixa só eu voltar aqui rapidinho. Só voltando na questão do princípio da inércia, porque fala, ah o corpo tende a seguir em linha reta. Essa linha reta é com relação a quê? O cara tá lá no laboratório ((Pausa))
- 406 **D:** Hum.
- 407 **M:** Aí ele vê um negócio indo em linha reta. Só que com relação ao Sol, não tá em linha reta.
- 408 **N:** Tá radial, porque é aquele negócio lá.

- 409 **M:** E aí, o princípio da inércia é relativo?
- 410 **F:** É retórico.
- 411 **M:** Sabe? Como você pode dizer que tá em inércia?
- 412 **N:** O princípio da inércia ele é relativo! Parece relativo.
- 413 **M:** Só que quando você imagina um problema, você põe o negócio no espaço!
- 414 **D:** Porque não existe ((Pausa)) não existe linha reta perfeita. Porque se for, tudo bem, vê como eu to pensando. Tá, eu quero ((Pausa)) isso aqui tá reto? Pra mim tá. Mas pro Sol não. Tudo bem. Então eu pego, sei lá, um raio de luz ou um barbante esticadinho assim no Universo, no sistema solar. Ele tá em linha reta? Tá. Mas se eu to olhando fora do sistema ((Pausa)) da Via-Láctea, a Via-Láctea não tem uma forma circular? Então ele deixou de ser reta, passa a ser circular. Ah, então pega uma coisa que seja reta na Via-Láctea. Tá, mas aí eu olho mais de longe ainda. Novamente, aquele aglomerado de galáxias forma ((Pausa)) tem a ((Pausa)) uma percepção circular. E assim vai, ou não?
- 415 **M:** Mas: Então, mas quando você imagina o princípio da inércia, ele fala isso? Quando você aprende lá o princípio da inércia ((Pausa))
- 416 **D:** Não, ele não fala.
- 417 **N:** Não, ele fala de um espaço absoluto.
- 418 **M:** É com relação a um espaço esse movimento retilíneo, não é? Ou eu to errada?
- 419 **D:** Ah, entendi.
- 420 **N:** Pra mim é o que parece.
- 421 **D:** Nossa, nem lembro disso.
- 422 **M:** É assim.
- 423 **D:** É assim?
- 424 **M:** Não, eu to falando que é. ((Risos))
- 425 **N:** É só você analisar o que ((Pausa))
- 426 **M:** É tanto que a gente imagina um referencial colocado no nada e mede as coisas.
- 427 **N:** É, então. Você ((Pausa)) o que me vem na cabeça quando ((Pausa))
- 428 **V:** Tipo, o que o D tava falando, é que pra ele saber se isso é retilíneo mesmo, a gente teria que olhar tipo num ponto que não seja no Universo.
- 429 **M:** No espaço.
- 430 **V:** Nem no espaço. Fora de tudo, sei lá, tipo Deus. Não, to falando pra gente saber de verdade.
- 431 **M:** O Newton dá a solução disso, que é o problema dele, ah, é reto com relação a quê?
- 432 **V:** É, a gente teria que, tipo, ir num lugar que tipo não existe espaço pra ver que que é o espaço. Seria num lugar transcendente.
- 433 **M:** Aí já ((Pausa))
- 434 **V:** É, eu acho que é impossível.
- 435 **M:** A solução do Newton é ((Pausa))
- 436 **V:** É relativa ((Pausa))
- 437 **M:** É que não tem como ((Pausa)) você precisa escolher.
- 438 **V:** É, não dá ((Pausa))
- 439 **D:** Não tem como definir uma coisa reta no espaço.
- 440 **M:** Não, com relação a um outro corpo. Ele vai falar que dá pra definir.
- 441 **F:** É.
- 442 **M:** Ele vai falar que dá pra definir com relação ao espaço. Porque aí sim, o espaço ele tá sempre imóvel ali, então, você pode definir o movimento com relação a ele. O problema é detectar.
- 443 **D:** Newton fala que o movimento pode ser em linha reta em relação ao espaço, mas não em relação a outro corpo?

- 444 **M:** É, esse inercial, sabe, que não tem nenhuma força.
- 445 **D:** Não, mas veja ((Pausa))
- 446 **N:** Ele não pode ser absolutamente reto. Foi isso que ((Pausa))
- 447 **D:** Não, não ((Pausa)) eu ((Pausa)) calma, não to entendendo.
- 425 **F:** Qual que é a necessidade de ser reto?
- 426 **D:** Ham?
- 427 **F:** Assim, eu vou fugir um pouco do seu ((Inaudível)).
- 428 **D:** Não, então deixa eu acabar meu raciocínio antes de você viajar.
- 429 ((Risos))
- 430 **F:** É que assim ((Pausa))((Inaudível)).
- 431 **D:** Eu to pensando assim. Newton falou que o espaço ele pode ser reto se comparado ao ((Pausa)) a trajetória pode ser retilínea se for comparada ao espaço, mas não se for comparada a outro corpo. Foi o que Newton falou.
- 432 **M:** Uhum.
- 433 **D:** Mas, por exemplo, se eu pegar uma ((Pausa)) fazer uma coisa assim ó, jogar ele numa trajetória retilínea, você, um outro corpo, vai ver que foi em linha reta.
- 433 **M:** Mas se eu for um corpo que tiver aí nesse seu ((Pausa)) nessa tampa, eu vou tá parado.
- 434 **D:** Não, mas se você ((Pausa)) tudo bem, mas se você for um corpo que não está na tampa você vai ver em linha reta.
- 435 **M:** Mas se eu estiver girando não.
- 436 **O:** ((Risos)). ((Inaudível)).
- 437 **M:** Se eu tiver girando assim ó, eu vou pensar que essa tampa tá girando pra lá.
- 438 **F:** ((Inaudível)) inercial.
- 439 **D:** ((Inaudível)).
- 440 **M:** Ham?
- 441 **D:** E se for o corpo parado?
- 442 **M:** Parado com relação a quê? Essa é a questão.
- 443 **D:** À tampa.
- 444 **M:** Se eu to parado com relação a tampa então não vou ver ela se mexendo.
- 445 **O:** ((Risos))
- 446 **D:** Aaaah ((Pausa))
- 447 **M:** Fala o que você ia falar ((Pausa))
- 448 **F:** Posso ((Pausa)) eu acho que tipo, a vida não foi feita pra ser reta.
- 449 ((Risos))
- 450 **D:** Ainda bem que eu falei o que eu tava pensando antes!
- 451 **F:** Tudo bem dizer que ((Pausa)) a física é tipo, o estudo das leis da natureza. Sabe, é o princípio da ((Inaudível)). A natureza é cíclica. Cíclica é um círculo. Então porque que a gente tem que tentar fazer algo reto?
- M:** Quem disse que a natureza é cíclica?
- 452 **F:** ((Inaudível)).
- 453 **N:** É o ((Inaudível)) ou o ((Inaudível)) que fala isso?
- 454 **M:** Não, a natureza é cícli ((Pausa)) mas o que que isso tem a ver com a questão do movimento no espaço?
- 455 **N:** Porque se tudo na nossa vida é cíclico ((Pausa))
- 456 **F:** Porque se a natureza é cíclica e a física estuda a natureza, não tem como a gente achar o espaço reto.
- 457 **M:** Não, mas o que que tem a ver a natureza ser cíclica e o espaço ser curvo? Porque isso depende só da geometria do espaço. Só!

- 458 **F:** É ((Pausa))
- 459 **M:** O que que a natureza ir e voltar tem a ver com o lugar onde ela está? Sabe? Eu crescer e diminuir não muda o pano de fundo.
- 460 **F:** Não, mas, que nem ((Pausa)) eu falo assim. A gente estuda ((Inaudível)). Eu li um livro muito bom, que ele considera a natureza com coisas do dia-a-dia. E ele pega, tipo, vai, todas as leis da física existem porque a gente tá na lei da natureza. A gente não vai pegar e criar do nada.
- 461 **M:** Tem coisas criadas do nada. Como o espaço. Porque por exemplo, é uma explicação pra você explicar a natureza, que pode ser inventada.
- 462 **D:** ((Inaudível))
- 463 **M:** Existem pessoas que tentam fazer isso, mas no fundo existem outras que mostra um furo ((Pausa))
- 464 **F:** Eu acho que quando você estuda física, você estuda a natureza, o movimento dela. Como a natureza é cíclica, ela tem o movimento curvo.
- 465 **M:** Não, mas ((Pausa))
- 466 **D:** O cíclico da natureza não necessariamente é curvo, geométrico. Não sei se você tá entendendo.
- 467 **V:** É, esse ciclo ((Pausa))
- 468 **D:** Porque uma natureza ((Pausa))
- 469 **F:** Não, é que tipo assim, se você for usar um referencial, ele sempre vai ser curvo. Se você for usar o espaço, ele sempre vai ser reto. Todo referencial tem que ser curvo, porque é o movimento natural das coisas.
- 470 **M:** O movimento natural das coisas ((Pausa))
- 471 **N:** Eu me perdi completamente.
- 472 **M:** Eu posso ((Pausa)) fala, fala.
- 473 **V:** Não, é tipo, eu tava pensando que o ciclo, tipo, é uma coisa que vai continuar infinitamente, que você tava falando que pode ser circular ((Pausa))
- 474 **M:** Não existe.
- 475 **V:** Não, que existe existe, mas ((Pausa))
- 476 **M:** Faz sentido o que ele tá falando ((Pausa))
- 477 **V:** Pode ser que não seja circular.
- 478 **F:** A maior prova disso é o tamanho do Universo. Ele é cíclico, ele não tem um tamanho gigante, médio e volta.
- 479 **M:** Eu vou tentar distorcer o que ele tá falando. ((Risos)). E trazer pra discussão, porque deve ter alguma coisa a ver.
- 480 **D:** Deve ter ((Risos)).
- 481 **O:** ((Risos))
- 482 **F:** Vou beber água ((Pausa))
- 483 **M:** Bebe suco ali ó.

- 484 **N:** ((Inaudível)).
- 485 **M:** Ó, o movimento inercial não pode ser detectado, porque é um movimento livre de forças. Por quê? Como toda ((Pausa))
- 468 **N:** Quem?
- 469 **M:** O movimento inercial não pode ser detectado. Por quê? Porque ele é um movimento livre de forças e não existe um corpo livre de força. Porque ele sente pelo menos a força gravitacional. É uma abstração, a inércia.
- 470 **D:** Nossa, você acabou?
- 471 **N:** Aaaaaaaah!
- 472 **M:** Acabei.
- 473 **D:** Você tem ideia ((Pausa)) não, você tem que pegar essas frases e passar pra gente. Tipo ((Pausa))
- 474 ((Risos))
- 475 **D:** Não existe movimento inercial ((Pausa)) livre de forças ((Pausa)) eu vou tatuar isso.
- 476 **M:** Ele é uma abstração, vocês percebem? Vocês sabem como que chegaram? Pensando só. Não é comprovada experimentalmente a inércia. A gente ainda consegue explicar alguma coisa ((Pausa)) ah, eu vou pra frente no ônibus porque continuou em linha reta. A gente usa pra explicar, mas não é comprovado. Você não tem um corpo em linha reta com velocidade uniforme. Você não consegue medir isso, principalmente porque você não sabe com relação a quê, porque tem que ser com relação ao espaço. Como você faz uma medida com relação ao espaço se o espaço ele é sempre igual? Sabe? Quando uma coisa se movimenta. Se ele fica sozinho no espaço. Ele se movimenta. Como eu sei que ele se movimentou? Se não tem nada no espaço pra comparar. Ele é totalmente igual. Se ele fosse diferente, sabe ((Pausa))
- 477 **N:** Porque você tem que comparar ((Pausa))você ((Pausa)) não, vai, continua.
- 478 **M:** Vocês tão acompanhando? Não pode perder ((Pausa)) não pode sair ((Pausa)) porque se a gente perde o fio da meada e alguém sai aí ((Pausa)) e aí não vai mais dar certo a pesquisa.
- 479 **N:** Não ((Pausa))
- 480 **F:** ((Inaudível)).
- 481 **M:** Fala ((Pausa))
- 482 **N:** Então, o movimento ((Pausa)) desde o começo.
- 483 **M:** Tudo isso que a gente tá falando, eu to só jogando o problema pra vocês, depois a gente vai ler alguns trechos do Principia, pra entender como que é. Eu vou voltar de novo nessas coisas, devagar. Mas fala ((Pausa))
- 484 **N:** Não, é que isso que você falou agora, a última coisa que você falou.
- 485 **M:** Eu nem lembro.
- 486 ((Risos))
- 487 **M:** Qual foi a última coisa que eu falei?

- 488 **D:** O negócio da inércia. Não existe inércia porque inércia não tem força, mas tudo é gravidade ((Pausa))
- 489 **N:** Não existe um movimento ((Pausa))
- 490 **M:** Se existe a gente não sabe, não é detectado.
- 491 **N:** Não existe ((Pausa)) o quê?
- 492 ((Risos))
- 493 **D:** Você falou uma frase de impacto.
- 494 **N:** Então, a frase de impacto. Não existe movimento inercial ((Pausa))
- 495 **M:** Eu falei assim: não existe um movimento inercial ((Pausa)) não é que não existe, a gente não consegue detectar, porque sempre a matéria ela é feita de massa, e sempre tem ((Pausa)) e a gente não entra na questão da luz agora porque ela não tem massa ((Risos)) ((Pausa)) Mas sempre tem a força gravitacional.
- 496 **F:** Eu nem tinha pensado nisso.
- 497 **M:** Mas você ia pensar ((Risos)).
- 498 **F:** ((Risos))
- 499 **M:** Sempre tem pelo menos a força gravitacional. A inércia é um estado em que não existe forças.
- 500 **N:** E se tem a força gravitacional em qualquer coisa, não pode existir a primeira ((Pausa)) tá certo.
- 501 **D:** Mas se for algum pro espaço, espaço, embora tenha massa, não tem ninguém pra atrair, pra ter um campo gravitacional.
- 502 **M:** Isso ((Pausa))
- 503 **D:** Então, existe uma inércia no espaço absoluto.
- 504 **M:** Existe, isso. Por isso que a inércia é absoluta. ((Inaudível)). E nem a teoria da relatividade restrita consegue responder a questão da inércia. Isso é que o pessoal que acredita no espaço absoluto coloca em cheque quando tem as discussões. E aí, tipo, acaba ((Pausa)) não que acaba com a discussão, o pessoal tenta explicar de outras formas a origem da inércia. Que não seja com relação ao espaço, sabe, um movimento com relação ao espaço. Mas aí, as pessoas que tentaram ((Pausa)) semana que vem a gente vai falar dessas pessoas que tentaram explicar a inércia que não seja um movimento em relação ao espaço, porque esse movimento retilíneo da inércia é com relação ao espaço. Se fosse com relação a um corpo, não teria como você definir inércia, porque com relação a um corpo é retilíneo e com outro não é.
- 505 **N:** Eu não entendi porque que isso quebra a relatividade.
- 506 **M:** Não é que quebra a relatividade. A relatividade explica outras coisas, mas não explica esse tipo de movimento absoluto.
- 507 **F:** A teoria de Einstein ((Pausa))
- 508 **M:** A teoria de Einstein não é totalmente relativa, é isso.
- 509 **F:** Ela é errada ((Pausa))

- 510 **M:** Tem um cara da Unicamp que se chama André Assis, um professor, que ele tenta fazer uma teoria totalmente relativa. Essa sim é totalmente relativa.
- 511 **V:** Ele não é aquele que ((Inaudível)).
- 512 **M:** Não existe nenhum movimento que é com relação ao espaço, sabe, todos ((Pausa)) é com relação a outros corpos. É uma teoria que não é aceita, mas ele pesquisa.
- 513 **F:** É ((Pausa)) isso daqui ((Inaudível)) ((Pausa))
- 514 **M:** Ah, aliás, que ele falou, vocês podem fazer sugestões pra minha pesquisa. Acho que vocês vão conseguir mais no final.
- 515 **D:** Como assim sugestões?
- 516 **M:** Por exemplo, é que a minha ideia é inserir esse tipo de discussão no curso de mecânica. Aí, por exemplo, qual tipo de discussão seria legal.
- 517 **O:** Essa da inércia aí ((Pausa))
- 518 **D:** Ah, o curso oficial assim ((Pausa))
- 519 **M:** É ((Pausa))
- 520 **D:** Da ((Pausa))
- 521 **M:** De fundamentos.
- 522 **F:** Todas esses questionamentos surgem porque a gente como físico a gente tende a desconsiderar como o mundo é, tipo ((Pausa)) ah, suponha que uma bola caia no vácuo perfeito.
- 523 **M:** É ((Inaudível)) de abstração. O método do Newton era esse ((Pausa))
- 524 **F:** Os físicos tendem a abstrair, é isso?
- 525 **M:** O Newton foi o que começou a fazer isso. Em vez de tentar entender o mundo do jeito que ele tá ali, vamos tirar um monte de coisa e tentar entender dos mais simples ((Pausa)) porque aí a gente vai encaixando pra tentar chegar no mundo. E nessa tentativa das coisas mais simples que saem essas coisas.
- 526 **N:** Porque se você pensar assim, tipo, por exemplo, ah, tem um movimento aqui na Terra, que a gente sabe que não é inercial porque tem força agindo sobre ele, independente. Tipo, por exemplo, Plutão, foi provado que seja quaisquer dois corpos existe uma força entre eles. Então, já daí nasce a ((Pausa))
- 527 **M:** Ah, só uma coisa, força é só uma explicação. Porque o Einstein vai dar outra explicação que não precisa de força.
- 528 **N:** É, to falando newto.. newtonianamente ((Pausa)) ((Risos)).
- 529 **M:** Só pra gente ver que força não é uma coisa tão real assim. Não é uma coisa tão real ((Pausa)) não precisa ser tão real.
- 530 **N:** Aí, só que ((Pausa))
- 531 **F:** Esquece o Newton, ele fez tudo com 26 anos ((Pausa))
- 532 **N:** Então, aí, o que eu tinha pensado ((Pausa)) eu esqueci.
- 533 **M:** Esqueceu? Olha aí, você atrapalha o povo ((Pausa)) ((Risos)).
- 534 **O:** ((Risos))

- 535 **M:** Bom, eu queria só explicar algumas coisas que ((Pausa))
- 536 **N:** Ah! Lembrei o que eu ia falar.
- 537 **M:** Fala!
- 538 **N:** Se, tipo, se tem uma força agindo nesses dois corpos, indiferente do lugar onde eles estejam. Mesmo que esse esteja aqui e esse esteja lá em Plutão, vai ter uma força. Então não é possível que exista um movimento completamente inercial nesse outro corpo. Só que, tipo, a força que esse daqui tá fazendo quando ele tá lá em Plutão, é muito muito muito pequena. Então você pode aproximar o movimento desse corpo num movimento inercial. É acho que é assim que encaixa as teorias do Newton. Elas são tipo, aproximações muito bem feitas, sabe? A arte da aproximação.
- 539 **M:** É, no fundo no fundo não existe, mas aproximando ((Pausa))
- 540 **N:** Aproximando é como se existisse.
- 541 **M:** Não, faz sentido ((Pausa)) o que eu queria falar é só como chegaram na questão da inércia. Foi só pensamento abstrato, é experimento mental, essas coisas ((Pausa)) só vou falar dois. Tem vários. Um deles é o plano inclinado de Galileu. Vocês já viram?
- 542 **O:** O quê?
- 543 **M:** Plano inclinado de Galileu.
- 544 **D:** Que ele solta uma bola num plano e dependendo da inclinação ele sobe menos?
- 545 **M:** É, por exemplo, ele ((Pausa))se eu soltar uma bola aqui ((Pausa)) ele imaginava: ah, ele vai aumentando a velocidade cada vez mais. Aí ele foi imaginando mudando a inclinação dos planos. Quando ele subia aqui ele chegou na ((Pausa))ele começou a questionar a ação da gravidade ((Pausa)) quando tava em linha reta ((Pausa)) mas isso aí é pra outra ocasião. Mas enfim, ele foi abaixando esse plano, diminuindo a inclinação, que ele chegou na conclusão de que se esse plano tiver em linha reta, então essa bolinha tende a ir infinitamente, sem variar a velocidade. Porque quando ele vai diminuindo a inclinação do plano, a variação da velocidade vai diminuindo. Isso é uma das formas, aliás, o Newton ((Pausa)) não foi ele que fez o princípio da inércia. Já tinha antes. Descartes já tinha formulado e ele praticamente copiou o livro do Descartes.
- 546 **F:** Newton é antes ou depois de Descartes?
- 547 **D:** Não ((Pausa))
- 548 **M:** Newton é depois.
- 549 **F:** Descartes é um cara que o pai era altista, que não ((Pausa))
- 550 **M:** Eu não sei da vida dele. Eu não sei muito da vida dos físicos, porque eu não consigo guardar.
- 551 **F:** É o do plano cartesiano, o Descartes.
- 552 **D:** Isso.
- 553 **M:** A gente vai falar ((Pausa))
- 554 **F:** Achavam que ele era altista, tirou ele da escola e colocaram ele no monastério porque acharam que ele não ia ser ninguém na vida.
- 555 **M:** Tá, ((Inaudível)). Mas ele já tinha formulado o princípio da inércia. Ele só tinha dividido em duas partes. Ele colocou a parte do repouso e a do retilíneo uniforme em duas leis diferentes ((Pausa)) tem essa questão e tem a questão do Giordano Bruno, que ele pensava assim: ah, se eu jogar uma bolinha num barco, pra cima, a bolinha cai na minha mão?

- 556 **D:** Se jogar ((Pausa)) ah se tu soltar no mastro ((Pausa))
- 557 **F:** Não, o barco tá andando e você joga, é isso?
- 558 **M:** É, você joga pra cima, será que a bolinha cai na minha mão?
- 559 **D:** Então, assim ((Pausa)) veja bem ((Pausa))
- 560 ((Risos))
- 561 **D:** O que eu acho é que tipo, eu falaria que não, mas cai. Porque a bola, mesmo estando no ar, compartilha do movimento da Terra, que é o que barco tá fazendo.
- 562 **M:** Isso é inércia né?
- 563 **D:** Então, mas, é que eu nunca fiz essa experiência na vida ((Pausa))veu nunca fui num mar ((Pausa))
- 564 **N:** Eu também achava isso até ((Inaudível)). Não é intuitivo, digo, eu ((Pausa)) o jeito que eu usei pra obrigar minha mente a entender isso, é tipo ((Pausa)) foi quando eu aprendi um negócio de definir a velocidade como vetor. Tipo, qual que é a velocidade dela, da bolinha, na sua mão, no barco. Pra você ela tá parada, mas com relação ao mar ela tem um vetor que tem uma componente, se você pensar assim, em x. Então, quando você dá uma força pra cima, o vetor ele fica diagonal.
- 565 **D:** Nossa! É mesmo ((Pausa))
- 566 **N:** Então você deu uma força pra cima, mas ela continua com uma parte pra frente, de qualquer forma. Entendeu?
- 567 **M:** Eu não entendi.
- 568 **D:** Dá uma explicação? Faz sentido, mas é ((Pausa)) o que acontece com o pra cima?
- 569 **F:** ((Inaudível))
- 570 **M:** Eu entendi.
- 571 **N:** Quando você tá ((Pausa)) imagina você num navio. Você tá com uma bola na sua mão. Qual o vetor velocidade da bolinha pra você?
- 572 **O:** Zero.
- 573 **M:** É zero.
- 574 **N:** Nulo. Agora imagina o vetor velocidade da bolinha com relação ao mar.
- 575 **M:** Ó, já tá aprendendo a pensar no problema que eu propus einh ((Pausa))
- 576 **N:** Então, com relação ao mar. Aí, tem uma componente ((Pausa)) ele tem um certo ((Pausa))tipo ((Pausa))
- 577 **F:** Uma componente horizontal.
- 578 **N:** Uma componente x. Quando você dá uma força pra bolinha pra cima, você mexe com a componente x?
- 579 **D:** Não.
- 580 **N:** Você dá uma desaceleração ou uma aceleração na componente x?
- 581 **M:** Não ((Pausa))
- 582 **N:** Não, a aceleração é um vetor ((Pausa)) é um vetor ((Pausa)) o vetor aceleração ele só tem componente y ((Pausa)) to jogando pra cima. Então, a componente x permanece a mesma. Aí você aproxima a resistência do ar pra zero, que é uma ((Inaudível)).
- 583 **F:** Isso, desconsideramos o mundo ((Pausa)) ((Risos))

- 584 **N:** Então, a componente x permanece a mesma, só que você ganha uma componente y. E essa sim é acelerada, porque tem a gravidade em baixo. Então, ela tende a fazer um movimento parabólico porque tipo, em x, permanece a mesma, só que em y não.
- 585 **M:** É, mas por quê que o corpo ao abandonar a mão do cara continua mantendo esse ((Pausa))
- 586 **D:** Isso. A componente x.
- 587 **F:** A inércia.
- 588 **M:** Pela inércia ((Pausa))
- 589 **N:** Então, porque existe a aproximação que eu falei, que não tem força de resistência do ar, e que é uma ((Pausa))
- 590 **F:** ((Inaudível)).
- 546 **M:** Isso aí eu falei pra mostrar como que Giordano Bruno pensou na inércia.
- 547 **N:** ((Inaudível)).
- 548 **F:** Não, tipo ((Pausa))
- 549 **N:** Desculpa ((Pausa))
- 550 **M:** Eu só falei isso pra mostrar como que Giordano Bruno pensou na inércia, que é uma explicação dada pra como por quê que a bolinha continuava com a componente x.
- 551 **O:** Porque a bolinha tende a continuar em movimento.
- 552 **F:** Só uma pergunta: a bolinha cai da minha mão ou cai no chão?
- 553 **M:** Cai na sua mão, porque ela continua lá e ((Pausa))
- 554 **N:** E se você conseguir fazer um lançamento perfeito?
- 555 **F:** Ela sai na ((Pausa)) na vertical, na ((Pausa)) diagonal.
- 556 **D:** O barco também tá na andando pra lá ((Pausa))
- 557 **F:** Não, mas, tipo ((Pausa)) você jogou a bolinha, você tá andando pra cá, você joga a bolinha. Ela vai na diagonal, pra lá. Na verdade ((Pausa))
- 558 **N:** Não, mas calma.
- 559 **F:** Não, tá certo. Tá certo, eu confio em você.
- 560 **M:** Então, só recapitulando os nossos problemas. É com relação ao espaço e com relação ao movimento, certo? Todo mundo tá acompanhando isso? Com relação ao espaço e com relação ao movimento. Todos os movimentos são equivalentes pra vocês?
- 561 **F:** Não.
- 562 **O:** Como?
- 563 **D:** Assim muito geral eu vou falar não, mas se você expli ((Pausa))
- 564 **N:** Uma experiencia ((Pausa))
- 565 **M:** Tá. Por exemplo, aquele exemplo de novo de eu girando em volta do N. É equivalente eu girando em volta dele e ele girando em volta de mim. É equivalente? Independente do referencial?
- 566 **D:** É, sim.
- 567 **F:** Depende.
- 568 **M:** Independente do referencial?
- 569 **D:** Não. É equivalente dependendo do referencial ((Pausa))
- 570 **M:** Qualquer corpo que eu utilizar pra fazer uma medida de movimento vai ser equivalente.
- 571 **F:** Não, porque se você ((Pausa))em referencial a mim é diferente de você ((Pausa))de eu ((Pausa)) de você pegar o D em referencial ao N que tá rodando.
- 572 **N:** É, e se eu tiver rodando ((Pausa))
- 573 **M:** Não, por exemplo, tenta considerar todo mundo. Se é o movimento relativo.
- 574 **N:** Eu digo que não.
- 575 **O:** Não.

- 576 **F:** O movimento só acontece com referencial a uma coisa.
- 577 **N:** Eu acho que não, que não é ((Pausa))
- 578 **M:** Com uma coisa só? Então, seu movimento F, é com ((Pausa)) você só aceita se medir, por exemplo, com relação ao N, não com relação a mim.
- 579 **F:** Não, depois que eu falei eu pensei na besteira que eu falei. Ele pode ((Inaudível)) várias coisas, porém vai existir pelo menos uma coisa que vai medir.
- 580 **M:** O quê? Quer dizer ó, só pensando. Por mais que eu meça, tá, vai dar uma distância diferente, se eu escolher um corpo diferente, tal, mas no fundo eu não vou conseguir prever onde que vai tá o corpo, de qualquer forma? Independente de se ele tá em linha reta ou em círculo? Se eu medir com relação a qualquer corpo eu vou prever.
- 581 **F:** Mas o movimento é relativo? O movimento absoluto sim.
- 582 **M:** Não, quê quê?
- 583 **F:** O movimento real dele sim. O movimento verdadeiro.
- 584 **M:** Qual que é o movimento verdadeiro? De todos esses?
- 585 **F:** O que você consegue prever dentro do referencial.
- 586 **M:** Mas eu não consigo prever ((Pausa)) o N não consegue prever onde eu vou tá girando em volta dele? E eu não consigo prever onde ele vai tá girando em volta de mim?
- 587 **F:** Então, esse movimento é o movimento verdadeiro.
- 588 **M:** Qual? Qual deles?
- 589 **F:** O que você consegue prever.
- 590 **M:** Mas, então os dois são verdadeiros. Todos os movimentos são verdadeiros.
- 591 **F:** Não, pra mim não.
- 592 **M:** Mas todos dá pra prever, não é?
- 593 **F:** Não, eu to errado. Se eu tiver errado eu tento ((Inaudível)).
- 594 **M:** Todos não podem ser previstos?
- 595 **D:** Podem.
- 596 **M:** Então? Todos são verdadeiros pra você.
- 597 **F:** Mas depende do seu referencial, se você, tipo, tiver a cem por hora num carro ((Inaudível)).
- 598 **M:** Mas você não vai prever que ele vai continuar do seu lado pra sempre?
- 599 **F:** Não, depende de n coisas. Depende de buraco na estrada, depende de ((Pausa))
- 600 **M:** Não, a gente tá considerando só ((Pausa))
- 601 **F:** Um Universo perfeito?
- 602 **M:** Não, o que você está dizendo aí. Que é o carro que tá sempre a cem quilômetros por hora. E você tem que prever também o caminho. Ta, vai, eu to dizendo que o caminho é sempre perfeito vai, sempre reto e tal. Os dois a cem quilômetros por hora.
- 603 **F:** Eu acho assim, um professor, ele falou assim ó: físicos são os únicos que podem entender, tipo, que se ele souber todos os dados pra prever o futuro. Mas, existem dados que você não pode prever.
- 604 **M:** Isso não é verdade, mas ((Pausa))
- 605 **F:** Desculpe, foi o professor que falou isso.
- 606 **N:** Porque que isso não é verdade?
- 607 **M:** Não, é o princípio da incerteza de mecânica quântica. Isso aí é da mecânica clássica que você consegue prever, pra você conseguir saber a posição de todos os corpos.
- 608 **N:** Ah é! Eu já vi um negócio sobre isso. Porque é aquele negócio de ((Pausa))
- 609 **M:** Mas depois a gente discute isso gente ((Pausa))
- 610 **D:** Vamos voltar ao assunto. R faz a sua pergunta.
- 611 **N:** Por favor.

- 612 **M:** Existe ((Pausa)) ó, vou por o problema de novo.
- 613 **D:** Dá o exemplo que você tinha dado.
- 614 **M:** Eu girando em volta do N. Eu girando em volta do N. Essa situação. É ((Pausa)) quando eu to no referencial do N, qualquer pessoa, sei lá ((Pausa)) um referencial posicionado no N. Ele está parado e eu to girando. Se eu coloco o referencial em um, eu to parada e ele tá girando. Certo? Todo mundo?
- 615 **D:** Sim.
- 616 **M:** A questão é: esses movimentos são equivalentes? Sabe ((Pausa)) tanto faz eu por o referencial em mim ou o referencial nele. Eu girando ou ele girando, tanto faz. É só uma escolha de referencial, os movimentos são totalmente equivalentes, ou, existe de fato alguém girando. Sabe? Eu estou girando de verdade. Ou ele tá girando de verdade ((Pausa))
- 617 **D:** Em tudo ou só nesse exemplo?
- 618 **M:** Em qualquer ((Pausa)) esse serve pra qualquer ((Pausa))
- 619 **D:** Porque ((Pausa))
- 620 **F:** Eu acho que eu falei m**** o tempo todo.
- 621 **N:** Depois de todo esse exemplo eu também é ((Pausa))
- 622 **F:** Eu mudei minha opinião.
- 623 **N:** Eu mudei minha opinião. Eu acho que não.
- 624 **M:** Não é equivalente ((Pausa))
- 625 **N:** Que não tem movimento verdadeiro.
- 626 **F:** Eu acho que é equivalente.
- 627 **N:** Que tem um referencial que vai dizer que um dos dois ((Pausa))?
- 628 **F:** Ah, não, desculpa, desculpa.
- 629 **N:** Eu acho que ((Pausa))
- 630 **M:** Agora vocês conseguiram entender o problema. Todo mundo também acha isso?
- 631 **N:** Eu acho que não tem nenhum referencial.
- 632 **M:** Cinematicamente é equivalente mesmo.
- 633 **N:** Cinematicamente.
- 634 **M:** Se você não considera força, é equivalente. Por quê? Porque você só tá levando em consideração posição, tempo, né? É equivalente. Você consegue prever onde o cara vai tá. Independente se tem buraco na rua ou não, vamos imaginar ((Pausa))
- 635 **F:** Imaginei que tinha buraco ((Risos))
- 636 **M:** Vamos imaginar por enquanto sem muitas coisas né. A questão tá, Newton consegue diferenciar os dois movimentos e achar qual que é o verdadeiro. Vocês conseguem pensar em alguma coisa? Pra diferenciar o meu movimento do dele?
- 637 **D:** Então, mas aí ele tem que ((Pausa)) o Newton ele tem que olhar de fora né? Ele não pode ficar olhando ((Pausa))
- 638 **M:** Não, ele pode tá, pode tá em um dos dois.
- 639 **D:** Não pode ficar só você e ele.
- 640 **M:** Não, só eu e ele. Ele consegue achar ((Pausa))
- 641 **F:** Só vocês dois.
- 642 **D:** Ah, o problema dele tá no meio geométrico! Não, to brincando ((Inaudível)).
- 643 ((Risos))
- 644 **M:** Ah, tem um negócio que eu esqueci de falar, de geometria. A inércia, ela depende da geometria do espaço. Sabe aquelas propriedades de Euclides lá ((Pausa))
- 645 **F:** Nossa ((Pausa))
- 646 **M:** Que a menor distância entre dois pontos é uma linha reta ((Pausa)) é ((Pausa)) todas as propriedades da geometria são propriedades do espaço. Esse negócio da linha reta é a

distância que vai gastar menos energia pra um corpo ir de um ponto a outro. Então, o movimento natural é o movimento que não precisa ser explicado. É o movimento que o corpo segue pelas características do espaço. Tudo o que for fora desse movimento natural precisa ser explicado. É assim que se constrói uma teoria ((Pausa)) sempre tem uma coisa que não é explicada, que é natural, e tudo o que foge desse natural precisa ser explicado. E aí que vem as coisas das forças, porque tá fugindo desse natural.

647 **F:** Por que gravidade não é natural?

648 **M:** Por que já é acelerado né.

649 **D:** Tipo, você faz ((Pausa))

650 **M:** Acelera né ((Pausa)) natural seria um movimento com velocidade constante, que é seguir a linha reta ali do espaço. Quando muda a geometria do espaço. A minha reta, por exemplo, na relatividade geral, é uma geodésica. Lembra que eu fiz aquele exemplo, da outra vez, que eu desenhei uma esfera, em que o menor ponto ((Pausa)) que a menor distância entre dois pontos já não é mais uma reta. É uma curva, que é a geodésica. E a menor curva ((Pausa)) que leva o menor tempo pra você chegar de um ponto a outro. E a menor distância. E a inércia na relatividade geral não é linha reta, é uma geodésica. Porque é a estrutura do espaço que mudou. E localmente, aquilo que a gente tava falando, é uma linha reta, mas quando você olha no global, como a geometria do espaço na relatividade geral é entendida diferente, então o movimento inercial, que é o mais simples, que é o que segue a reta ((Pausa)) a reta equivalente é a geodésica, que é a curva. Só foi um parêntesis ((Pausa)) alguém quer perguntar alguma coisa?

651 **D:** Aquela hora você tinha perguntado pra gente o que que é inércia. A gente respondeu e tal o que a gente achou. O que que é inércia pra você? Ou o que que é inércia de verdade?

652 **M:** A gente vai estudar agora pro Newton tá? Eu preciso só ((Pausa)) o que que eu tinha falado antes de falar isso?

653 **D:** Não, depois ((Pausa))

654 **M:** Da geometria ((Pausa)) não, antes da geometria, o que que eu tava falando?

655 **D:** Tava falando do exemplo de que não existe um referencial ((Pausa))

656 **F:** ((Inaudível)).

657 **M:** Ah, ta. O Newton consegue diferenciar. E é por isso que ele foi super reconhecido porque ele conseguiu diferenciar esses dois movimentos, que ninguém consegue, porque são totalmente equivalentes. Não tem como escolher um referencial e saber quem tá girando de verdade. E ele falou: não, tem sim. E é de uma forma x. A gente vai ((Pausa))

658 **D:** Não, fala logo!

659 **N:** Fala por favor!

617 ((Risos))

618 **N:** Na semana passada você me falou que tinha como fazer isso ((Pausa))

619 **M:** Acho que vocês vão descobrir agora.

620 **D:** Se o referencial tiver girando também, tem como girar pra você?

621 **M:** É ((Pausa)) vou dar dois ((Pausa)) lembra que eu falei que ia dar dois ((Pausa))

622 **D:** Dicas.

623 **M:** Não, dois dados experimentais e eu acabei não falando. Dois. Um, quando tem um corpo girando, existem ((Pausa)) ah, acho que eu falei sim. Existem duas tendências medidas experimentalmente. Que é uma tendência de sair pela tangente ((Pausa))

624 **D:** Ah você deu isso ((Pausa))

625 **M:** E outra é a tendência de sair pela radial. São duas tendências. É ((Pausa)) deixa eu falar ((Pausa)) começar um pouquinho um experimento que é assim. No mundo existem só duas pessoas, ou sei lá, dois trens ((Pausa)) vai, um trem, uma pessoa parada e o trem tá em movimento. Vocês conseguem pensar em alguma coisa pra diferenciar, saber quem tá em movimento e quem não tá?

- 626 **D:** Calma. Volta.
- 627 **M:** Ah, pera aí, deixa eu voltar e acrescentar uma coisa. O trem tá em movimento.
- 628 **D:** Retilíneo.
- 629 **M:** Retilíneo uniforme em estado de inércia e o cara parado fora do trem. De repente esse trem desacelera.
- 630 **D:** Começa a breicar.
- 631 **M:** Isso. Quando ele começa ((Pausa)) não, não. Só isso. Como que você consegue diferenciar quem tá em movimento e quem não tá?
- 632 **F:** Mas que ((Pausa))
- 633 **D:** O cara que tá olhando ((Pausa)) não, eu não entendi o problema. É assim, tem um trem grandão aqui ó. E tem duas pessoas aqui dentro.
- 634 **M:** Não, o trem ((Pausa)) tem uma pessoa fora do trem.
- 635 **D:** Isso. Ele tá observando duas pessoas dentro do trem.
- 636 **M:** Não, não tem nem pessoa no trem. ((Risos)).
- 637 **D:** Ah, não tem ninguém no trem.
- 638 **N:** Mas é o que eu tava pensando ((Pausa)) de onde o D tirou pessoas?
- 639 **D:** Desenha!
- 640 **M:** É mais fácil. Você tem um trem indo pra lá, em movimento retilíneo uniforme, e uma pessoa parada.
- 641 **D:** Pronto.
- 642 **M:** Se eu por um referencial nessa pessoa, esse daqui tá se movendo.
- 643 **D:** Isso ((Pausa))
- 644 **M:** Se eu por o referencial no trem, a pessoa tá se movendo. Certo?
- 645 **D:** Isso ((Pausa)) isso. To entendendo. Isso eu to entendendo.
- 646 **M:** Agora o trem vai frear. Ele vai desacelerar.
- 647 **O:** Com relação ao trem ele vai ser jogado pra frente.
- 648 **M:** Continua valendo isso? De que ó, quando ele desacelera, eu vou pensar que esse boneco tá desacelerando? Continua valendo?
- 649 **F:** Pra mim sim.
- 650 **N:** Ó, pra mim parece que sim.
- 651 **M:** V, continua valendo?
- 652 **V:** Sim, acho que sim.
- 653 **N:** Tá errado?
- 654 **M:** Não, tá certo. Ó, por exemplo, se eu tenho dois bonequinhos parados um em relação ao outro, não tem como saber se nós estamos nos movendo, certo?
- 655 **D:** Sim.
- 656 **M:** Se os dois tão se movendo, eles vão pensar que estão parados, então não tem como saber também. Se os dois estão acelerados, continua a mesma coisa, certo?
- 657 **F:** Com a mesma aceleração?
- 658 **M:** Com a mesma aceleração. Certo? Agora, quando tem um corpo acelerado, o que que aparece?
- 659 **N:** Uma força?
- 617 **M:** Força. Então, é aí que o Newton vai pegar.
- 618 **D:** Se a massa dos corpos for diferente, embora a aceleração seja a mesma, a força vai ser diferente.
- 619 **M:** Tá. Mas supondo igual vai.
- 620 **D:** Ah ((Pausa))
- 621 **M:** Como que eu vou saber, aqui ó, qual que é o movimento verdadeiro?

- 622 **N:** Ah, sei lá meu!
- 623 **O:** Mas, com relação aos dois bonequinhos ou com relação a outro referencial?
- 624 **M:** Quando o trem desacelerar, vai ter uma força.
- 625 **D:** No sentido oposto ((Pausa))
- 626 **N:** Fazendo com que ele desacelere.
- 627 **M:** Não, além dessa força que desacelerou. Vamos imaginar uma pessoa no trem agora. Isso tem a ver com inércia agora. Lembra, o trem pára, o ônibus pára, a pessoa vai pra frente. Você percebe uma força aí, como se fosse uma tendência ali, que é essa tendência da inércia. Você não percebe isso no cara aqui. Então você fala: eu estou acelerado e não o cara.
- 628 **O:** Eu não entendi.
- 629 **M:** De novo ((Pausa))
- 630 **N:** Seria como se tipo, você analisasse uma gelatina, tipo ((Pausa)) uma gelatina no trem e uma gelatina parada.
- 631 **M:** Isso, perfeito.
- 632 **N:** Vai dar pra saber porque a gelatina vai tender a continuar e a gelatina que tá parada não, vai ficar lá.
- 633 **M:** Embora os movimentos sejam equivalentes, cinematicamente falando, a gente vai falar assim: ah, esse cara tá acelerando pra trás.
- 634 **N:** Visualmente ((Pausa))
- 635 **M:** Tá desacelerando né, também. Quando eu desacelero o trem.
- 636 **D:** Não, mas então, mas, por exemplo, se a gelatina ((Pausa)) se a gelatina ela não faz assim, ou a pessoa não faz assim, quando a gente vai olhar a outra pessoa, eu vou achar que a outra pessoa tá fazendo assim também.
- 637 **M:** Não, você tá medindo a posição dela no espaço e no tempo, não é? Não é só a aceleração da pessoa?
- 638 **D:** Então, mas se eu fizer ((Pausa))
- 639 **F:** Eu voto por ele explicar de novo desde o início.
- 640 **D:** Ó ((Pausa))
- 641 **M:** Só to introduzindo pra vocês entenderem melhor.
- 642 **D:** Eu entendi tudo, aí você coloca a pessoa e começa a frear o trem. Quando começa a frear o trem, a pessoa vai sentir uma tendência de um movimento pra um lado, vamos supor que a gelatina vai se mexer. Você respondeu que a pessoa tá sentindo isso porque aparece uma força. E a gelatina do lado de fora, como não sente força, ela não tende a se mover. Por isso, o verdadeiro referencial é esse aqui.
- 643 **M:** É assim que Newton responde.
- 644 **D:** Isso. Agora é minha dúvida. Tava introduzindo essa ((Pausa)) a minha dúvida é: a gelatina tá aqui. Se quando o trem começou a frear, eu fui pra frente, eu, quando olhar a gelatina, eu vou achar ((Pausa)) eu não vou achar que a força tá em mim, vou achar que a força tá na gelatina. Eu vou ver ela se deformar. Ou não?
- 645 **M:** Vocês concordam com isso?
- 646 **D:** Vocês entenderam o que eu falei?
- 647 **F:** Não.
- 648 **M:** Eles tavam conversando.
- 649 **F:** Não, era importante ((Pausa))
- 650 **M:** Tá.
- 651 **D:** Mas você entendeu o que eu falei?
- 652 **M:** Eu entendi. Ó, ele tá falando assim. Ah, a gelatina aqui dentro, o trem desacelerou, ela vai se deformar pra frente e ela vai ter a impressão que essa tá deformando pra trás. Vocês concordam com isso?

- 653 **V:** Não.
- 654 **M:** Eu não concordo.
- 655 **D:** Não ((Pausa))
- 656 **M:** Se você faz assim ((Pausa))
- 657 **N:** Pera aí, deixa eu pensar, pera.
- 658 **M:** Pode colocar o referencial no trem então.
- 659 **N:** Você vê ((Pausa)) é só você pensar ((Pausa))
- 660 **F:** A ideia ((Inaudível)).
- 661 **N:** Você já pegou trem? Você tipo, olha pra pessoas ((Pausa)) você tipo, quando você tá chegando na estação que você olha pras pessoas, o que que você sente? Você não tá em pé e você faz meio assim segurando o negócio. Aí as outras pessoas lá de fora não. Elas ficam suave.
- 662 **M:** Você não vê a pessoa fazendo assim, sabe? Porque é cinemática.
- 663 **D:** É ((Pausa))
- 664 **N:** Nossa, mas foi um pensamento muito bom! Porque tem simetria no pensamento dele, e o mundo segue uma simetria. É que nem aquele negócio lá que sobe uma bolinha aqui e sobe outra lá. Só que se você solta duas aqui, sobe duas lá. Faz sentido.
- 665 **M:** Faz sentido, só que a questão aí é cinemática e dinâmica. Tem uma assimetria dinâmica. E uma simetria cinemática. Na cinemática você vai pensar que o corpo tá se desacelerando também. Você tá parado e o corpo tá desacelerando. Mas, com relação a força, só você se deforma e ele não. É assimétrico, é assim que Newton vai falar, ah, então eu vou explicar o movimento verdadeiro assim. O movimento em que aparece força é o verdadeiro.
- 666 **D:** Calma, o movimento ((Pausa))
- 667 **N:** Mas, você percebe que ((Pausa))
- 668 **D:** O movimento no qual aparece uma força é o verdadeiro, sempre.
- 626 **M:** É. Aparece a força. A que aparece, não a que causou. E essa força pro Newton é real. A gente vai entender como ((Pausa))
- 627 **N:** Mas ele não vai fazer isso pra todos os casos? Porque por exemplo a gelatina é muito fácil de você pensar.
- 628 **M:** Eu só to fazendo isso pra vocês entenderem e não chegarem muito cru no texto. E outra coisa. Lembra aquela questão de eu girando em volta do N? Como que vai saber agora quem que tá rodando?
- 629 **F:** Você vai ((Pausa))
- 630 **N:** Ah, porque quem tiver rodando vai tá sentindo a força.
- 631 **D:** Aquele que tá sentindo força ((Pausa))
- 632 **M:** Eu to sentindo aqui, ele não tá sentindo, então eu to rodando de verdade.
- 633 **D:** Porque você tá sentindo uma força.
- 634 **M:** E eu to rodando com relação ao espaço absoluto, por isso que não adianta eu rodar com relação a ele e nem com relação a outro corpo, porque não explica a força que aparece em mim. Quem causa essa força é o espaço.
- 635 **F:** Ah, era isso?
- 636 ((Inaudível))
- 637 **M:** Bom, agora vamos ver o sentido de espaço antes de começar ((Pausa))
- 638 **F:** Ufa!
- 639 **M:** Agora sim ((Risos)).
- 640 **D:** Caramba! Imagina ela dando essa matéria.
- 641 **M:** Eu precisava só que vocês entendessem esse problema.
- 642 **D:** Entendi.

- 643 **M:** Todo mundo né, não pode ficar pra trás ((Pausa))
 644 (Pausa)
 645 **M:** Quando você fala que o espaço é absoluto ou relativo ((Pausa))
 646 **N:** Deixa eu só fazer um comentário do N? Isso é muito genial. Newton é muito f***.
 647 ((Risos)) ((Inaudível)).
 648 **M:** Vocês tão tendo uma explicação sobre a mecânica clássica que vocês não vão ter sobre a
 relatividade. Provavelmente o curso vai ser como vocês aprenderam mecânica, sabe? Só
 as equações. E aí vocês vão ficar acreditando que o espaço é absoluto pra sempre
 ((Pausa)) ((Risos)).
 649 **N:** Quando a gente for fazer relatividade a gente contrata você pra fazer..
 650 **M:** Aí a gente faz a discussão pra ((Pausa))
 651 **D:** No doutorado você faz em espaço relativo.
 652 (Pausa)
 653 **N:** Vamos pra discussão porque o D tem que ir embora as quatro.
 654 **M:** Vamos. Você ia falar alguma coisa? Não? Então, quando a gente fala que o espaço é
 absoluto ou relativo, existem sentidos. Não é uma coisa geral. Ah, é absoluto porque e
 tem uma resposta só pra isso. Ó, tem o sentido lógico, que é o primeiro. Ele é absoluto
 no sentido lógico se a expressão se referir a um objeto individual, a uma substância e
 não um conjunto de relações. Então é o que a gente tava falando, é uma ((Pausa)) o
 espaço é um indivíduo só. Independente de se ele pode ser dividido ou não, mas ele é um
 negócio só, não é relações entre corpos. Esse ponto não tá dizendo se ele é independente
 ou não da matéria, tá? Vê se vocês entenderam o que significa.
 655 **O:** Só eu que não entendi ((Risos)).
 656 **M:** Só o espaço ((Pausa)) o espaço no sentido lógico.
 657 **O:** O espaço é só isso aí só.
 658 **M:** Ele é uma coisa só. No sentido lógico.
 659 ((Inaudível))
 660 **O:** Independente de existir nada, ele existe.
 661 **M:** Não, esse daí não tá dependendo ou não da matéria.
 662 **O:** Então, independente de se existe ou não matéria, ele existe.
 663 **M:** Não, não ((Pausa)) isso não está se referindo a dependência ou independência a nada. Só
 tá dizendo que o espaço, ele é uma coisa só. Sabe, em vez de ser duas coisas ((Pausa))
 664 **O:** Ah, sim.
 665 **M:** Ou ser várias coisas ((Pausa)) ele é uma coisa só. Como se fosse uma substância, uma
 coisa só. Agora, se ele existe independente ou não, é outro sentido. Pode ser que ele
 exista dependente das coisas, mas ele é uma coisa só. No sentido lógico, ele é absoluto
 se ele for uma ((Pausa))
 666 **O:** Uma coisa.
 667 **M:** Uma coisa só. Um indivíduo. E ele é relativo quando o contrário. Se ele não for um
 indivíduo, ou seja, se ele for um conjunto de relações entre as coisas.
 668 **N:** Porque aí não vai mais ser uma substância, ele vai ser um pensamento. Então, de fato ele
 não existe.
 626 **F:** Aí já é metafísico.
 627 **M:** Não, aqui eu só to dizendo em que sentido que é.
 628 **N:** Não, sim, eu tava tentando interpretar o que você tava dizendo.
 629 **M:** Ta. Não, mas então, se o espaço for só um conjunto de relações, ele pode existir ou não.
 630 **N:** É, então. Foi esse meu critério.
 631 **M:** E você queria perguntar alguma coisa?
 632 **N:** Não.

- 633 **M:** Alguém tem uma pergunta sobre isso?
- 634 **F:** Sobre isso não, mas em outro contexto.
- 635 **M:** Fala.
- 636 ((Inaudível))
- 637 **M:** Hum? Ah, porque é o contrário, o relativo é o contrário.
- 638 **F:** É que pra mim pareceu que pronto, esse contexto é o verdadeiro.
- 639 **M:** Ah pessoal, só vou explicar isso aqui. Aqui tá dizendo assim: absoluto no sentido lógico ((Pausa)) o relativo é o contrário, pode anotar aí. É que eu pus só um porque o relativo vai ser o contrário.
- 640 **F:** Pensei que esse era o verdadeiro.
- 641 **M:** Não, não é o verdadeiro, são os sentidos que você pode falar. Quando eu falo assim: o espaço é absoluto no sentido lógico, significa o quê, que ele é um indivíduo só. Ele não é ((Pausa))
- 642 **F:** Acho que pra mim ele é absoluto no sentido metafísico. Que ele é absoluto independente da matéria.
- 643 **M:** Isso, tem vários sentidos que você pode ((Pausa)) pessoa podem concordar no segundo sentido e discordar do primeiro, sabe? E aí que vai entrar nas teorias, elas vão dizer que o espaço é absoluto em um desses sentidos e não em todos. Posso ir pro segundo?
- 644 **F:** Sim senhora ((Pausa))
- 645 **M:** Sentido ontológico ou metafísico. Esse sim é que o espaço é absoluto se a existência de acontecimentos físicos não é necessária pra sua existência. Ou, traduzindo, existência de matéria não é necessária. Porque a matéria é como um acontecimento físico. Tá relacionado com ((Pausa))
- 646 **N:** Esse é o do Newton?
- 647 **M:** Do Newton é todos.
- 648 **F:** O do F tá?
- 649 **N:** É, do Newton é todos. ((Inaudível)).
- 650 **M:** Do Newton, o espaço é absoluto em todos esses sentidos. O que acontece com a relatividade geral é que ela vai mudar esse sentido físico. O físico é o quê? Absoluto, o espaço é absoluto se os acontecimentos físicos não possuem influência.
- 651 **F:** ((Inaudível)) independe da matéria.
- 652 **M:** Isso. Não, influência. É diferente de depender. Depender é o segundo.
- 653 **F:** Influenciar é tipo se a matéria deforma.
- 654 **N:** Mas você não acredita nisso?
- 655 **F:** Acredito.
- 656 **N:** Então como que você fala que a relatividade é mentira?
- 657 **F:** Nunca falei isso. Você é louco? ((Risos)) Eu to falando que assim, o espaço é absoluto no sentido metafísico. Os acontecimentos físicos não são necessários pra sua presença. A matéria é desnecessária. Mas, a partir do momento que acontece ela influencia. O espaço existe independente da matéria.
- 658 **N:** Ele é relativo e não.
- 659 **F:** Em um sentido sim e em outro não.
- 660 **M:** Depende do sentido.
- 661 **F:** Porque ele não precisa ser absoluto em todos.
- 662 **N:** Depende do sentido. Concordo, concordo.
- 663 **M:** Aí, no caso aqui, pro Newton o espaço é absoluto em todos os sentidos. Quando chega na relatividade, vocês ouviram aquele negócio da matéria deformar o espaço-tempo e tal, então isso significa que a matéria influencia o espaço. Ou seja, o espaço era plano lá e você coloca um planeta, ele deforma. Então significa que no sentido físico o espaço é relativo, mas nos outros continua absoluto.

- 664 **F:** Posso falar uma coisa que não tem muito a ver? Assim, tipo, to lendo o Einstein e aquela $E=mc^2$. Energia é igual a massa vezes a velocidade da luz ao quadrado. Aí, na aula de mecânica, o professor falou que quando você tem uma energia alta você tem uma matéria alta, você vai criando matéria. De onde que cria essa matéria?
- 665 **M:** Não, calma, fala de novo.
- 666 **F:** O professor de mecânica, de fundamentos de mecânica falou assim: quanto maior energia, maior a massa.
- 667 **M:** Uhum.
- 668 **N:** Faz sentido com $E=mc^2$.
- 669 **F:** Não, sim. Aí tem lá uma massa de dez. Dez gramas. E aí se eu vou aumentando a energia, tem que aumentar a massa. Mas da onde que surge a massa que aumenta?
- 670 **N:** De onde surge a energia.
- 671 **F:** Não, a energia pode ser uma força contrária, pode ser ((Pausa))
- 672 **M:** Então, mas surgiu da energia, porque energia ((Pausa))
- 673 **F:** Ele falou o seguinte: o corpo tá movimentando ((Pausa)) ((Inaudível)). O corpo tá se movimentando, ele começa a bater nas partículas que envolvem ele. Foi essa a explicação que ele me deu. Eu fiquei olhando pra cara dele assim ((Pausa))
- 674 **V:** O professor? O professor não falou isso.
- 675 **F:** Falou.
- 676 **N:** Ele falou isso?
- 677 **V:** Ele deve ter negado isso.
- 678 **F:** Ele falou assim, aí, eu falei assim pra ele: nossa, então o $E=mc^2$ prova isso que você tá falando que quanto maior a energia maior a massa. E ele: não sei e virou. E depois: ah, é verdade isso que você falou. Não tinha pensado nisso.
- 679 **C:** Não, eu lembro que, tipo, alguém perguntou isso.
- 680 **F:** Mas ele tinha falado.
- 640 **C:** Alguém perguntou e tipo, falou, essa matéria tem tipo ((Pausa)) não, essa matéria não é tipo, vai batendo e vai juntando.
- 641 **F:** Eu sei que num outro momento ele falou isso, mas o acho que lembra até.
- 642 **M:** Depois a gente discute isso aí quando eles forem embora.
- 643 **F:** Tudo bem. É que eu achei, sei lá, eu não gosto dele.
- 644 **M:** Bom, todo mundo entendeu até o sentido físico? Tudo bem?
- 645 **D:** Sim, sim.
- 646 **M:** Aí o sentido empírico é se ele pode ser detectado ou não. Então, até hoje, o espaço é absoluto nesse sentido, certo? Porque a gente não consegue detectar. Você queria falar, Osv?
- 647 **O:** Não, não ((Pausa))
- 648 **M:** E tem o sentido matemático que vocês não vão entender muito bem ((Pausa))
- 649 **O:** Não, é que eu ia dizer que o ontológico era mais que o de físico, uma coisa que eu já tinha lido.
- 650 **M:** Ah tá. Só a diferença aí é que um depende ou não da matéria ((Pausa))
- 651 **O:** E o outro influencia.
- 652 **M:** E o outro influencia.
- 653 **N:** Esse sentido matemático é tipo aquele negócio da termodinâmica?
- 654 **M:** Então, o matemático vocês não vão entender direito, mas assim, existe uma teoria de grupos. Acho que vocês não vão estudar em nenhuma matéria da educação ((Pausa)) o, quer dizer, da graduação. Mas assim, se você transforma, aplica uma equação, por exemplo, no movimento, faz uma transformação. A equação continua com a mesma forma. Que é o caso por exemplo do movimento em repouso e do movimento retilíneo uniforme. Você usa ((Pausa)) a forma da posição, a equação da posição com o

- movimento em repouso e retilíneo uniforme é a mesma.
- 655 **V:** Ah tá.
- 656 **M:** Quando você vai pra um referencial acelerado, já muda. Aparece a força fictícia lá e não é invariante. Bem por cima, tá? Mas a gente não precisa decorar esses sentidos. Eu deixei aí pra vocês consultarem. Porque durante, enquanto a gente for estudando vocês vão ver que varia algum sentido ou outro dependendo da teoria. Aí, só falando do Einstein, vocês conseguem entender que ele só modificou esse sentido físico. Os outros sentidos continuam relativos. Não vale aquele estereótipo que as pessoas falam ((Pausa)) ah, o Einstein foi lá e revolucionou tudo ((Pausa)) ele revolucionou, mas mudou só o sentido físico. Que é a influência, mas o espaço continua existindo independente da matéria.
- 657 **F:** É que a física ((Inaudível)) é meio fechada né? As pessoas.
- 658 **M:** Mas é uma grande mudança né, mudar um sentido.
- 659 **O:** É igual o cara descobrir, que nem Kepler, tipo, no livro de gravitação aparece um ((Inaudível)), uma técnica que ele escolheu. Que faziam muito da teoria dele sobre as teorias de Kepler. Mas, tipo, Kepler quebrou a visão de Newton sobre espaço?
- 660 **M:** Na verdade é que Kepler, ele fez aquelas equações lá, sabe? Pro movimento dos planetas e daí Newton conseguiu calcular a força centrífuga da Terra. Por isso que a Terra é deformada, ele conseguiu calcular a deformação e comparar com a gravidade. Ele usou as equações de Kepler pra fazer isso.
- 661 **O:** Mas aí, mas e o Einstein? O que o Einstein tem a ver com o Kepler? Tipo, aparecia ele falando que ele agradecia lá a Kepler por uma porrada de coisas. Só que ((Pausa))
- 662 **M:** Ah, eu acho que é por que ele foi um precursor. Ah, que o professor falou, é porque ele foi um precursor, porque quando chegou o Kepler, ele foi um iniciador da ligação da Terra com o restante do Universo. Porque tava tudo dividido.
- 663 **O:** Aaah. Então ((Inaudível)).
- 664 **F:** A filosofia.
- 665 **M:** Porque ele foi um que abriu as portas também. Porque antes era muito dividido, o movimento dos céus e o movimento da Terra. E quando ele fez isso, ele fez uma ligação entre as duas coisas e deu uma abertura pro Newton falar da gravitação, que é uma coisa tanto da Terra, da queda dos corpos, como do movimento dos planetas.
- 666 **O:** Quanto do Universo ((Pausa))
- 667 **M:** Bom, aí, esse sentido do movimento também se aplica a mesma lógica, pro movimento. O sentido lógico, é o movimento existe independente de nada. Não existe um movimento no sentido lógico. Sempre vai ser relativo a alguma coisa.
- 668 **O:** ((Risos)) Se não tem o movimento no sentido lógico, por que tem o sentido lógico?
- 669 **M:** Não, é só uma reaplicação pro movimento. Então existe sempre ((Pausa))
- 670 **F:** São ideias.
- 671 **M:** Ah sim. E, pode ser que seja ((Pausa)) todo movimento é relativo no sentido lógico. Tem um cara que conseguiu fazer um movimento absoluto no sentido lógico, que é o Leibniz, vocês já ouviram falar das mônadas? Que é tipo um espírito, aí já ((Pausa)) a gente vai ver um pouquinho só na próxima semana. Mas todo movimento no fundo é relativo. É sempre relativo a um corpo ou ao espaço, mas é sempre relativo a alguma coisa.
- 672 **N:** Isso do ponto de vista clássico né?
- 673 **M:** De qualquer ponto de vista.
- 674 **N:** Não, porque no relativo o movimento da luz é absoluto. Porque tipo ((Pausa))
- 675 **M:** Ah sim. Não, mas ele é relativo porque ele é com relação a qualquer referencial então. Não, não, tá certo.
- 676 **N:** É que um dia meu amigo falou que assim, eu tava conversando com ele sobre justamente isso. Aí ele falou, então, só que o movimento ((Pausa)) pensa na luz como uma partícula, ele falou pra mim. Agora, pensa em tipo duas partículas se movimentando, elas estão se movimentando em c , certo?

- 677 **M:** Certo.
- 678 **N:** Qual que é a velocidade da partícula da minha mão direita com relação a partícula da minha mão esquerda?
- 679 **M:** É c .
- 680 **N:** Não, tipo ((Pausa))
- 681 **M:** Não, a partícula ((Pausa))
- 682 **N:** É, as duas não tão se movimentando a c ?
- 683 **M:** É, não pode isso, mas tudo bem. Nenhuma partícula com massa se movimenta com a velocidade da luz.
- 684 **N:** Então, a luz é ((Pausa))
- 685 **F:** A luz pode ser uma partícula ou ((Pausa))
- 686 **M:** Ela não tem massa.
- 687 **N:** Pensando nos conformes. Não, eu to falando, finge que é o fóton. Não sei se tá certo, mas se não for o fóton, pensa que é. Os dois tão viajando na velocidade igual a c . Qual que, pensando newtoniani ((Pausa)) na teoria clássica. Qual que é a velocidade dessa partícula com relação a essa partícula?
- 688 **M:** É zero.
- 689 **N:** Zero. Então, mas mesmo na relatividade, não, é c . Independente do referencial.
- 690 **M:** Sim sim, então nesse caso ele é absoluto. Esse movimento é absoluto no sentido lógico. Bom, se aplica a mesma coisa pro movimento. Ontológico e metafísico. O movimento é sempre relativo no sentido ontológico, porque ele sempre depende da existência do corpo. Né?
- 691 **F:** É, não tem como o corpo ((Pausa)) vai movimentar o quê? O nada?
- 692 **O:** Não tem como o corpo se movimentar sem corpo.
- 693 **M:** É. Então. Bom, isso aqui deixa com vocês, pra vocês consultarem, não precisa a gente ((Pausa)) a mesma lógica do espaço é pro movimento. Que horas são?
- 694 **N:** Três e meia.
- 695 **M:** Bom, dá tempo então a gente começar. Essa aqui é a última folha. Acho que não vai dar hoje, mas se der, é a última folha que a gente vai ver, a de trás. A gente vai começar por essa. E agora sim a gente vai começar a estudar um pouquinho do Newton, na análise filosófica.
- 696 ((Pausa))
- 697 **M:** Bom, essa primeira parte, antes da linha aqui, são argumentos que Newton usou contra Descartes. Porque Descartes, ele tinha feito um sistema de mundo que era basicamente assim, por exemplo, deixa eu perguntar pra vocês. Era o que ele pensava. A pergunta que ele se fazia. Qual é a essência da matéria? Qual é a característica que toda matéria tem? Que a define?
- 698 **O:** Massa.
- 699 **M:** Massa. Mas você poderia pensar ((Pausa))
- 672 **O:** Partículas, fótons, quarks.
- 673 **N:** Quarks tem massa né, mas ((Pausa))
- 674 **M:** Mas fóton não tem massa.
- 675 **N:** Ainda bem, que se não ((Pausa))
- 676 **M:** Eu já vou responder já. Pro Descartes, era você conseguir ((Pausa)) todo corpo tem largura, altura ((Pausa))
- 677 **F:** A dimensão ((Pausa))
- 678 **M:** É, a dimensão.
- 679 **O:** Dimensão? Mas a do fóton é ((Pausa))
- 680 **M:** Ele ainda não sabia que existia o fóton né?

- 681 **N:** Mas a gente sabe que o fóton existe e sabe que tem dimensão. Certo?
- 682 **O:** Mas é quase desprezível.
- 683 **D:** Calma.
- 684 **F:** Quase não é desprezível.
- 685 **N:** É que nem aquele ((Pausa))
- 686 **O:** A dimensão seria três dimensões, não seria? Uma delas seria pequena pra caramba e seria considerado zero.
- 687 **D:** Quase.
- 688 **N:** Então, mas é essa a questão. MUITÍSSIMO próximo de zero, mas não é zero.
- 689 **F:** A ((Inaudível)) é desprezível ou é quase desprezível?
- 690 **O:** ((Risos))
- 691 **M:** Quem?
- 692 **F:** Que isso? Pessoal, vamos voltar ((Pausa))
- 693 **F:** É um exemplo lógico.
- 694 ((Pausa))
- 695 **M:** Só explicar pra vocês como Descartes pensava isso, que não ((Pausa)) que a extensão, entenda-se espaço também, é a essência da matéria.
- 696 **O:** Por que ele chegou, tipo, nessa ideia? De que a dimensão é a essência?
- 697 **M:** Porque ele falou que era a única coisa que ele conseguia observar de um corpo ((Pausa)) em todos os corpos.
- 698 **O:** Mas e aí ((Pausa))
- 699 **M:** Muda a cor, muda tamanho sabe? Muda um monte de coisa, mas todo corpo continua tendo ((Pausa))
- 700 **F:** E a dimensão muda?
- 701 **M:** Muda a dimensão, mas continua tendo.
- 702 **F:** Ah, muda ((Pausa))
- 703 **M:** Mas continua tendo. E também ele achava que a essência das coisas era ((Pausa))
- 704 **O:** Mas o sentido empírico ((Pausa)) eu acabei de entender.
- 705 **N:** Mar ((Pausa))
- 706 **O:** Porque ele tipo fala que não é uma coisa perceptível, isso daí é perceptível.
- 707 **M:** É, se for nesse ponto sim.
- 708 ((Inaudível))
- 709 **M:** Fala.
- 710 **N:** Isso é ((Pausa)) considerando a verdade até agora?
- 711 **M:** Não, não to só falando a concepção do Descartes pra vocês ((Pausa))
- 712 **N:** Porque agora que você falou eu não consigo pensar numa contra.
- 713 **M:** ((Risos)) Então, é muito bom né isso aí? Só que assim, como que você pode pensar contra?
- 714 **N:** A coisa menor, a menor coisa que eu posso pensar é o quark. E tem dimensão. É muito pequeno.
- 715 **F:** Você consegue pensar no quark?
- 716 **M:** Então, mas isso ((Pausa))
- 717 **F:** Eu não consigo pensar no quark.
- 718 **M:** As pessoas que começam a criticar isso ((Pausa))
- 719 **N:** Pega um quark, pega um átomo ((Pausa))
- 692 **M:** As pessoas que começam a criticar isso, eles vão argumentar que, como que a matéria vai se movimentar? Por exemplo, se o espaço depende da matéria, ou seja, eu criei essa

bolinha aqui, então automaticamente eu criei o espaço, que é a essência dele. Quando ele se movimenta, a essência se movimenta junto. Se o movimento é a mudança no espaço, você não vai conseguir detectar essa mudança. O corpo vai tá sempre parado, porque o espaço tá andando junto. O lugar que ele estava continua com ele, entendeu?

693 **O:** Não.

694 **M:** Não?

695 **O:** Ah, sim, sim ((Pausa)) eu entendi.

696 **M:** De novo ((Pausa))

697 **O:** Porque o espaço é imutável ((Pausa))

698 **M:** Ó, na concepção do Descartes, o espaço é a essência da matéria. Se a matéria anda, o espaço anda, que é a dimensão do corpo.

699 **N:** Ah, o espaço é a dimensão do corpo?

700 **M:** É, e o espaço ele é relativo ((Pausa))

701 **N:** Então se você diminuir esse corpo, diminui o espaço diminui.

702 **F:** O espaço que ele ocupa diminui.

703 **M:** O espaço que ele ocupa, ou seja, o lugar que ele tá. Só que assim, pro Descartes, não existe nenhum espaço vazio, porque o espaço sempre tá ligado à matéria. Então, o mundo, o Universo inteiro, é repleto de matéria. Até lugar que a gente pensa que não tem matéria, tem matéria. Então, ele achava que o espaço entre a Terra e a Lua por exemplo, quando acabava o ar, tinha uma matéria que ele chamava de éter, que ficava girando e isso fazia os planetas girarem.

704 **O:** Nossa.

705 **M:** É bem louco. O Descartes era muito louco ((Risos)).

706 **F:** Ele saiu da escola na quinta série. Por conta própria.

707 **M:** To falando só pra vocês entenderem quais eram os argumentos do Newton contra o Descartes pra contruir a mecânica dele.

708 **F:** O pai dele achava que ele era altista e ((Inaudível)).

709 **M:** Vocês tão entendendo o motivo de eu falar do Descartes? Não é pra vocês entenderem o que o Descartes ((Pausa)) a teoria dele.

710 **N:** Eu não entendi o motivo, mas acho que se você continuar eu vou entender.

711 **M:** É então, se eu conseguir continuar ((Risos)).

712 **O:** ((Risos))

713 **M:** Um motivo é só pra vocês entenderem quais são as críticas do Newton ao Descartes. Como que ele começou a construir a mecânica. Pro Descartes, como não existia espaço vazio, como é que as coisas se movimentam? Quando esse copo aqui se movimentar pra cá, a matéria que tá perto dele tem que se movimentar e ocupar o lugar onde esse copo estava.

714 **O:** Mas aí, ((Inaudível)).

715 **F:** ((Inaudível)).

716 **M:** Mas enfim, como não pode ter espaço vazio, então a matéria vai se movimentar e a matéria que tá em volta dessa matéria que se movimentou vai se ((Pausa))

717 **N:** Vai se rearranjar ((Pausa))

718 **O:** Como é que dá pra saber que, tipo, o que tava na frente vai pra frente, tipo infinitamente?

719 **M:** Vai acontecer alguma coisa que vai voltar essa matéria e ocupar o lugar onde tava a outra.

720 **O:** Nossa.

721 **M:** Só pra vocês entenderem o contexto. E como que era a definição de movimento pro Descartes? Era, a definição dele de movimento, era um movimento com relação aos corpos mais próximos. Então, por exemplo, esses corpos que tão perto desse corpo que

se movimentou, eles vão se deslocar né, e você consegue detectar o movimento porque houve esse deslocamento mútuo entre eles. Não vai se, por exemplo, o movimento do copo com relação a ele. Ele não tá encostando no copo. Só pra vocês entenderem o que que é que o Descartes falava.

722 **F:** ((Inaudível)).

723 **M:** Ó, aí como que o Descartes explicava o movimento dos planetas? Ele dizia que tinha o éter girando e tinha o planeta que era carregado pelo éter.

724 **O:** ((Risos))

725 **M:** E o éter, como o éter é o que tava próximo do planeta, o planeta então não estava em movimento, tava parado, porque a definição de movimento dele. Pro Descartes ((Pausa))

726 **F:** Descartes.

727 **M:** Ah, o que que eu falei?

728 **F:** Não, to comentando.

729 **M:** Ah, eu pensei que tinha falado outro nome. Mas enfim, como o éter carrega o planeta, e o Descartes define o movimento com relação aos corpos mais próximos. Então os planetas estão parados, certo? Certo?

730 **F:** É ((Pausa)) mais ou menos, mais ou menos.

731 **M:** Essa é a concepção do Descartes.

732 **N:** Certo.

733 **M:** Que movimento é a definição de movimento com relação aos corpos que estão próximos. Se o vórtice que carrega o planeta tá indo junto, então não tem movimento com relação ao vórtice. O planeta está parado. Ele dizia que as pessoas é que não entendiam a filosofia. No sentido filosófico estava parado, mas as pessoas, sabe, no senso comum, pensavam que o planeta tava se movimentando. Falava isso. E aí chegou o Newton e falou assim: não, por que então aparece a tendência do planeta se afastar? Se ele tá parado?

734 **F:** Se afastar o quê?

735 **M:** A força centrífuga, que a gente tava discutindo naquela hora.

736 **N:** E aí ((Pausa))

737 **M:** Que é o caso do movimento, por que que aparece essa tendência se ele tá parado? Começou a questionar isso do Descartes.

738 **F:** ((Inaudível)) do éter.

739 **M:** Aí, o Descartes não consegue explicar esse tipo de coisa ((Pausa))

740 **F:** Ele não tá como em Aristóteles ((Pausa)) ((Inaudível)).

741 **M:** Não, só éter e ((Pausa))

742 **F:** É que eu falei ((Pausa)) ((Inaudível)). Tava pensando ((Pausa))

743 **M:** Então, disso vem essa primeira citação que tá no Princípio. Não, tá no De Gravitatione, é um outro livro, antes desse, que não foi publicado, foi achado depois. “Afinal, onde está a verdade? Deriva por ventura essa tendência do repouso dos planetas, a qual no pensar de Descartes é verdadeiro e corresponde ao sentido filosófico do termo, ou antes do movimento dos mesmos considerados na acepção vulgar e não filosófica?”. Ou seja, qual é o movimento verdadeiro? É o movimento vulgar, que é o do povão ((Risos)). Ou é o movimento filosófico lá, que na época se chamava filosofia natural, não era física. E aí ele começou a questionar esse tipo de coisa. Na segunda parte ((Pausa)) tudo bem até aí? Não é pra vocês entenderem a teoria do Descartes, é muito louca mesmo. Alguém tem que estudar a fundo pra entender porque que ele tá estudando essas coisas.

744 **N:** Porque ele é louco ((Risos)).

745 **M:** Mas, o movimento pro Descartes era relativo né. Só pra você entenderem que o movimento absoluto não é uma coisa natural.

746 **F:** É, pode ser também que nem Galileu a favor da igreja.

747 **M:** É mas aí Galileu ((Inaudível)).

- 748 **F:** Não, mas ele, então o que ((Inaudível)) era a igreja.
- 749 **M:** Bom, como aparecia essas forças centrífugas porque dizia que no sentido filosófico os planetas estavam em repouso, começou a entrar em contradição isso. Outra contradição, essa pergunta três aqui. Como Deus ((Pausa)) Newton acreditava em Deus, assim como Descartes ((Pausa)) “Como Deus poderia definir a velocidade e a determinação do movimento do corpo afim de conservar a quantidade de movimento?”. Por quê? Como que Deus iria conseguir colocar uma coisa em movimento?
- 750 **F:** Mas é estranho você pensar em Deus, porque ((Inaudível)).
- 751 **M:** Não, tudo bem. To só colocando vocês no contexto.
- 752 **F:** Não, mas vocês não concordam, tipo, quando ele fala, você duvida de Deus. Então ele questiona Deus.
- 753 **M:** Não, ele tá questionando a teoria do Descartes.
- 754 **N:** ((Inaudível)).
- 755 **M:** Não, ele tá questionando a teoria do Descartes.
- 756 **F:** Não, como Deus poderia definir a velocidade?
- 757 **M:** Não, ele tá falando assim, a teoria do Descartes é errada porque nem Deus iria conseguir fazer isso.
- 758 **F:** Então.
- 759 **M:** Deus pode tudo.
- 760 **F:** Se Deus não pode isso ele duvida de Deus.
- 761 **M:** Não, mas se Deus pode tudo, a teoria do Descartes tá indo contra, Deus não tá podendo tudo na teoria de Descartes.
- 762 **F:** Sim. Afirmo isso.
- 763 **N:** É isso que ele tá falando.
- 764 **M:** É, só o contexto. Não precisa entender a fundo, só pra gente ver como que ele criticava. E a quatro: “como poderíamos afirmar a existência do próprio movimento sem que dispuséssemos de algum meio para definir univocamente sua determinação e sua velocidade?”. Porque aqui pro Descartes, é sempre com relação aos corpos. Mas como você define esse movimento, se você tem que fazer uma medida de espaço e o espaço anda junto com o corpo?
- 765 **F:** Não tem como isso.
- 766 **M:** Como que você vai medir a velocidade. Esse é o furo que Newton acha em Descartes.
- 767 **O:** E a dois ((Pausa))
- 768 **M:** A dois, lê pra mim?
- 769 **F:** Newton constata que de fato “não existe no universo corpo algum cujas posições relativas permaneçam inalteradas com o passar do tempo, e certamente, não existe corpo algum que não se mova no sentido cartesiano”. (idem, p.68). Por isso, se “é impossível – conforme essa doutrina – que o lugar exista durante um período de tempo mais longo do que aquele durante o qual esses corpos mantêm as mesmas posições”, então “nem mesmo Deus poderia definir neste momento, com exatidão, e geometricamente, a posição passada de um corpo” (idem, p. 68-69)
- 770 **M:** Isso aí é só o que eu tava explicando com relação a medir a velocidade. Que se o espaço, se o movimento é a mudança de lugar no espaço. Não tá mudando de lugar, o movimento quando o espaço vai junto.
- 771 **N:** Não, o espaço não tá acontecendo.
- 772 **M:** É, também ((Pausa))então você não vai conseguir medir movimento se você tiver essa concepção. E, agora a gente vai começar com o Newton. Vou só começar um pouquinho, faltam dez minutos já. E tá todo mundo cansado.
- 773 **F:** Não, eu não to cansado.
- 774 **M:** Acho que não vai compensar, a parte mais legal começa agora.

- 775 **O:** ((Risos))
- 776 **F:** ((Inaudível)) Eu posso fazer uma pergunta? Assim, inocente.
- 777 (Pausa)
- 778 **M:** Bom, vamos começar a discussão. Ele ((Pausa)) tudo começou, tudo indica que, Newton começou a construir a teoria dele se perguntando porque num movimento circular existe essa tendência, aparece essa força centrífuga, que consegue até deformar a gelatina lá e tal. Descartes estudava isso, o movimento circular. Não é que ele criticava o Descartes por completo, mas ele continuou estudando as mesmas coisas que o Descartes, teve a necessidade de formular o espaço e o tempo pra continuar, mas essa questão do movimento circular continuou. Por que que aparece essa força centrífuga quando tem um movimento circular? Essa força é real pra vocês?
- 779 **F:** É.
- 780 **M:** Pro Newton era. Sabe, enquanto tá girando.
- 781 **F:** Enquanto tá no corpo.
- 782 **D:** Não, eu acho que não, ela não tem um par ação e reação.
- 783 **F:** Sim, centrípeta, centrífuga.
- 784 **D:** Não. Elas não formam um par ação e reação.
- 785 **M:** Mas por que precisa formar um par ação e reação?
- 786 **N:** Porque ela age direto no corpo.
- 787 **D:** Não, se uma força não forma um par ação e reação ela não é uma força. Pela terceira lei de Newton.
- 788 **N:** Não, mas espera aí, quem que foi a força do equador ((Pausa))
- 789 **M:** A terceira lei de Newton diz que força ((Pausa))
- 790 **D:** Toda força ((Pausa))
- 791 **F:** Então qual é a da gravidade?
- 792 **D:** É a ((Pausa)) no centro da Terra voltado pra cima. Existe um par.
- 793 **F:** Mas se você tá no vácuo?
- 794 **D:** Então não tem gravidade.
- 795 **V:** Então não tem nada, não tem força.
- 796 **F:** Não, no vácuo tem gravidade.
- 797 **D:** ((Inaudível)). Não tem campo gravitacional no vácuo.
- 798 **F:** Tem.
- 799 **M:** Mas essa força centrífuga, pro Newton ((Pausa))
- 800 **F:** Vácuo não tira a gravidade, ou tira?
- 801 **D:** ((Inaudível)).
- 802 **M:** Essa é a explicação moderna, que você dá, de que toda força tem ação e reação. Pessoal, pro Newton, essa força centrífuga também era real, a gente vai ver os motivos, mas existem dois tipos de força. São as forças externas e as internas. A gente vai ver isso direito. Mas pra ele era real. A gente vai entender isso e depois a gente volta nessa discussão da ação e reação. Que a gente vai entender como que surge a reação. É, bom, pra vocês, essa força centrífuga tem uma causa? Por exemplo, a gravidade, a causa da gravidade é a massa.
- 803 **D:** O movimento circular. Causa ((Pausa))
- 804 **F:** A centrífuga? É a centrífuga ((Pausa))
- 805 **M:** Não, a centrífuga ((Pausa))
- 806 **F:** Não, que m**** que eu falei.
- 807 **N:** Eu achei que não tinha nada, mas agora que eles falaram é o movimento circular.
- 808 **M:** Por que que é o movimento circular?

- 809 **D:** A causa dela.
- 810 **O:** A causa da centrífuga.
- 811 **N:** A causa da gravi ((Pausa))
- 812 **M:** É, o Newton vai responder isso também. Só que esse movimento circular ((Pausa)) existem movimentos circulares em que você não observa a força.
- 813 **F:** Mas por causa da velocidade. Mas, isso não depende da velocidade? Se eu girar devagar, não dá, mas se eu girar rápido ((Pausa))
- 814 **M:** Não, qualquer aceleração.
- 815 **N:** ((Inaudível)).
- 816 **F:** Então eu não sei.
- 817 **M:** Então, mas só ((Pausa))
- 818 **N:** Tipo, é por causa da sua capacidade de absorver essa força. Tipo, imagina eu e você, você é muito maior que eu. Tipo, você vai resistir a essa força de uma forma diferente do que eu. Então, qualquer que seja o movimento circular, vai ter uma força ali. O que a M tava falando é que eu acho que depende do referencial que você adota, aquilo não se torna mais um movimento circular. Então, eu mudo minha resposta. Eu acho que no referencial absoluto ((Pausa))
- 819 **M:** É a resposta do Newton. Aquele exemplo de novo, eu girando em volta do N. Eu to sentindo força e se eu to no meu referencial, ele tá girando e não tem uma força, entendeu? Então não dá pra falar que a causa é só a aceleração no movimento circular. Newton vai dizer que é com relação ao espaço. A gente vai ver também da onde que ele tira isso. Mas, tudo bem, começa daí o problema. Disso, ele deduz, ele demonstra, faz uma espécie de demonstração. Não é bem uma demonstração, mas ele usa um argumento, que é o experimento do balde, que a gente vai ver semana que vem. A gente tem que ter tempo pra discutir. Ele é muito interessante.
- 820 **F:** Que balde?
- 821 **M:** É um balde com água girando e que o cara consegue falar que precisa existir o espaço pra explicar a curvatura da água. Mas, a gente vai ((Pausa))
- 822 **N:** Ele consegue fazer isso?
- 823 **M:** É um balde ((Pausa)) a gente vai entender. Vamos só começar, fazer só a primeira definição. Não, vamos fazer uma outra discussão e a gente começa a partir da semana que vem. Que é a diferença entre massa de inércia e massa gravitacional.
- 824 **N:** É, eu queria saber o que que é isso.
- 825 **F:** Não sei, pra mim ((Pausa))
- 826 **D:** Eu já vi que tinha uma diferença, eu não lembro. Era ((Pausa))
- 827 **M:** Quero saber se vocês sabem, se vocês conseguem inventar alguma hipótese.
- 828 **O:** Eu nunca ouvi falar de massa inercial.
- 829 **N:** Eu também não.
- 830 **F:** Inventar? Pera aí ((Pausa)) calma. Quando você tá acelerado, a massa se torna menor, talvez, porque é mais fácil ((Pausa))
- 831 **M:** Pessoal, a massa inercial tá relacionada com isso aqui ó. Se eu vou empurrar o F, ele tem uma massa, ele tem uma tendência de resistir à mudança do movimento, que é a inércia. A tendência de continuar em repouso. E se a massa inercial, é essa massa aqui que dá a resistência pra ele.
- 832 **O:** É a tendência de ((Pausa))
- 833 **M:** Se ele não tivesse massa, você empurra um pouquinho e ele vai longe.
- 834 **O:** Então é a massa normal do corpo?
- 835 **M:** É, só que a massa gravitacional é como se fosse a carga elétrica, sabe? Só que uma carga que dá ((Pausa))
- 836 **F:** Posso fazer uma pergunta?

- 837 **M:** Pera aí, deixa eu terminar o raciocínio. A massa gravitacional é aquilo que dá ((Pausa)) é aquele atributo do corpo que faz ele atrair os outros. Sabe, que nem carga elétrica. O corpo tá carregado, então, ele vai ((Pausa)) ele tem um campo elétrico em volta. Então, se ele tem massa gravitacional, ele tem ((Pausa))
- 838 **O:** Mas, ele não justifica o que é massa gravitacional.
- 839 **M:** É um atributo do corpo. Se o corpo não tem massa ele não vai atrair o outro gravitacionalmente.
- 840 **O:** Tipo, quanto maior o corpo, mais massa inercial ele tem ((Pausa))
- 841 ((Inaudível))
- 842 **M:** As duas coisas são totalmente diferentes. Massa inercial e massa gravitacional.
- 843 **O:** Tipo, um é o corpo dele e tipo a massa dele e o outro é tipo a capacidade que ele tem de atrair outro corpo não é?
- 844 **F:** ((Inaudível)).
- 845 **M:** É ((Pausa))
- 846 **N:** Não, pera aí, deixa eu ver se entendi.
- 847 **F:** To pensando.
- 848 **M:** Fala o que você ia falar antes.
- 849 **F:** Não, é que eu pensei que essa massa gravitacional é assim, quando você tá a cem por hora, ele tem vai, 80 quilos, e bate em você a menos de cem por hora, você tem uma impressão de que a massa é menor.
- 850 **M:** É, que tem a ver com a quantidade de movimento.
- 851 **F:** É, então, aí eu pensei que era isso que você tava falando, mas depois você falou tipo da ((Pausa))
- 852 **N:** Você tem a sensação de que a massa de um corpo ((Pausa))
- 853 **F:** Se você tá a cem por hora num carro e ele tá a cinquenta por hora ((Pausa))
- 854 **N:** Ah, sim, sim!
- 855 **M:** Fala o que você ia falar ((Pausa))
- 856 **N:** Não, o que eu queria falar é ver se eu entendi. A massa inercial é aquela tipo, da gente mesmo, de eu tentar empurrar essa caixinha de suco e tal.
- 857 **M:** É, é a resistência que o corpo tem.
- 858 **N:** Sim.
- 859 **M:** Se não tivesse massa, você empurraria com qualquer força ((Pausa))
- 860 **N:** Ou ele tá se movimentando e eu tenho que fazer ele parar e tal ((Pausa))
- 861 **M:** Isso.
- 862 **N:** Agora, a massa gravitacional é aquela que essa caixinha exerce sobre mim.
- 863 **F:** Ao redor.
- 864 **M:** Isso, a força que a ((Pausa)) a massa que ((Pausa))
- 865 **N:** É a força que a massa dessa caixinha tem sobre mim.
- 866 **M:** E coincidentemente elas são as mesmas. Mas é uma pura coincidência. Newton não consegue explicar porque que elas são iguais.
- 867 **N:** Quem? A minha massa e a do corpo?
- 868 **M:** A massa inercial e a massa gravitacional.
- 869 **F:** Então a massa do Sol é a mesma que a da gravidade?
- 870 **N:** Faz sentido, porque se você pensa que é a mesma ((Pausa))
- 871 **M:** Mas o que tem a ver o corpo resistir à mudança de movimento e ((Pausa))
- 872 **N:** É uma mesma causa pra dois efeitos.
- 873 **M:** Por quê?
- 874 **N:** Ah, sei lá mano, como é que sei lá você usa o seu celular pra ouvir música e pra falar

- com as pessoas, por quê?
 875 ((Inaudível)) ((Risos))
 876 **F:** A massa gravitacional é aquela massa do Sol que ((Inaudível)). Então, tipo, o Sol tem cinco milhões de toneladas, então a gravidade que ele impõe no centro dele é cinco mil toneladas.
 877 **O:** Não.
 878 **F:** Se ele pesa ((Pausa))
 879 **M:** Aí já é a força.
 880 **F:** Peso gravitacional vai influenciar na gravidade é ((Pausa))
 881 **M:** É a massa total do Sol.
 882 **F:** Ah ta.
 883 **M:** É aquela equação lá né, G , M ((Pausa))
 884 **O:** Eu não entendi porque a massa gravitacional é uma força.
 885 **M:** Não, não é a massa. Ela é a origem da força.
 886 **O:** Ela é a origem da força.
 887 **M:** Isso. Newton vai por dois caminhos diferentes ((Pausa))
 888 **F:** Se um corpo não tem peso ele não ((Pausa))
 889 **O:** Por isso que ((Inaudível)).
 890 **M:** Não, ele chega ((Pausa)) o Newton chega na massa inercial por um lado, chega na massa gravitacional por outro e de repente ((Pausa))
 859 **N:** É a mesma massa ((Pausa))
 860 **M:** Agora, ninguém consegue explicar isso, ainda né. O Einstein ((Pausa))
 861 **O:** É quase um limite.
 862 **M:** Depois o Einstein vai dizer porque que é equivalente. Eu vou até discutir isso no último dia, que eu vou deixar vocês escolherem um tema. A gente pode discutir a equivalência entre a aceleração e gravidade por exemplo, mas isso é outra história. Mas vocês tão percebendo qual é a diferença? Que uma massa não tem nada a ver com a outra?
 863 **O:** Sim, mas por quê dá o mesmo valor é uma incógnita.
 864 **M:** Por que que dá o mesmo valor ((Pausa))
 865 **D:** Não sabemos por quê ((Inaudível)).
 866 **M:** Tem coisas que nós aceitamos mesmo discutindo filosoficamente.
 867 **F:** O espaço.
 868 **M:** Lembra que eu falei no primeiro dia? Que tem coisas que nós aceitamos e outras que a gente consegue entender. Mas, o meu problema é só que a gente no curso tá aceitando coisas que dá pra entender, sabe? É só esse o problema. Mas, tem coisas que no fundo você cava, cava, cava, chega no fundo e não dá mais. E aí você tem que aceitar alguma coisa. No caso da teoria de Newton a gente tem que aceitar que a resposta pro espaço é que ele é absoluto e daí deduzir o resto. Mas sabe ((Pausa)) percebe que quando a gente discute não parece que a gente entendeu melhor o problema?
 869 **O:** Uhum.
 870 **M:** Mesmo não dando uma resposta.
 871 **V:** Na sua dissertação de mestrado você quer incluir na grade curricular o ((Inaudível)).
 872 **M:** É, é uma sugestão. Não vou conseguir fazer isso, mas vou propor.
 873 **F:** Sim, e a ((Inaudível)) mudaria? É questão de tentar né?
 874 **M:** Ah, não sei. Mas gente, acho que tem como diminuir a quantidade de exercícios por exemplo ((Pausa))
 875 **F:** Um professor que eu tive só dava o Moisés, nunca fazia nada.
 876 **M:** Pensa qual é o ganho que vocês tem em aprender só a fazer exercícios. Quando você aprende esse tipo de coisa, tem toda uma forma de olhar pro mundo.

- 877 **O:** Você meio que fica numa sistematização ((Pausa))
- 878 **M:** É, você aprende a fazer exercício né. Você não aprende a visão da mecânica mesmo.
- 879 **O:** A gente não sabe nem por quê, aceita ((Pausa))
- 880 **M:** Fala alguma coisa vocês aí.
- 881 **H:** Essa questão que o D falou, que não sabe porque massa atrai massa. Não seria porque a massa deforma o espaço?
- 882 **M:** Ah, então, aí nesse ponto não é a explicação de força. Faz sentido o que você tá falando, tá certo, só que isso é da relatividade geral.
- 883 ((Inaudível)).
- 884 **F:** A gente tá na mecânica clássica.
- 885 **M:** É, na relatividade geral, o Einstein não vai trabalhar com força. Não tem força. A força seria como a curvatura.
- 886 **O:** Tem Einstein na mecânica clássica?
- 887 **M:** Não, não. Essa explicação que ele tá dando é a de Einstein.
- 888 **N:** Mas é legal, nunca tinha ouvido.
- 889 **M:** É, então, a gente pode discutir essas coisas. Porque tem a ver também. Quando você vê uma solução diferente pra um problema que você tá tentando resolver, você entende melhor o problema. Em vez de ficar numa solução só.
- 890 **N:** O que permite que você chegue mais perto da resposta ((Inaudível)).
- 869 **M:** É, ou pelo menos entender. Gente, vamos terminar por aqui, tragam a folha semana que vem.
- 870 **D:** Tchau, foi muito legal.
- 871 **M:** Gostaram hoje também? Vocês tem alguma sugestão?
- 872 **D:** Pra quê exatamente?
- 873 **M:** Pra discussão. Alguma coisa que vocês não gostaram, ou alguma coisa que ((Pausa))
- 874 **F:** Não gostei do calor ((Risos))
- 875 **M:** Que eu possa controlar ((Pausa))
- 876 **F:** Ar condicionado ((Pausa))
- 877 **M:** É, também não ((Pausa))
- 878 **D:** Eu preciso pensar com calma. Se não eu vou falar qualquer coisa e tu vai ficar pensando que eu falei, mas acabei de inventar, então deixa eu pensar.
- 879 **M:** Mas não tem nada na ponta da língua assim, que você fala que não gostou.
- 880 **D:** Não. Da aula você tá falando?
- 881 **M:** É.
- 882 **D:** Eu acho que a gente muitas vezes ((Pausa)) ficaria mais fácil entender se a gente seguisse uma ordem de pensamento. Uma linha de raciocínio retilínea, assim, cronológica.
- 883 **M:** Isso vai começar quando a gente seguir a folha ((Pausa))
- 884 **D:** Porque eu acho que tá muito perdido.
- 885 **N:** Mas eu acho que esse é intuito.
- 886 **M:** É, esse é o intuito, pra entender o problema. Era o intuito, porque é necessário pra entender o problema. Não pra resposta.
- 887 **D:** Entendi.
- 888 **M:** Agora a gente vai começar a seguir o raciocínio da folha.
- 889 **N:** Mas acho que de qualquer jeito a gente chegou a um entendimento.
- 890 **F:** ((Inaudível)).
- 891 **M:** Mas chegou a um entendimento do problema.
- 892 **D:** Eu entendi o do trem.

- 893 **M:** Só o do trem?
- 894 **D:** Não, eu entendi e posso explicar o do trem. Os outros eu entendi, mas não ((Pausa)) entendeu?
- 895 **M:** Não, mas não é pra ter a resposta mesmo. É que se você sabe, por exemplo, se eu começar a discutir com você se você consegue discutir comigo de novo.
- 896 **D:** Tá.
- 873 **M:** Sem dar uma resposta. Sabe, entender o problema. Começar a dar exemplos ((Pausa))esse era o meu intuito, por quê? Porque se vocês não entenderem o problema e eu começar a dar a resposta, vocês não vão entender por quê as respostas foram dadas.
- 874 **D:** Tá. Então, o problema, eu acho que como a gente tava discutindo, do jeito que tava fazendo, é ((Pausa)) pra mim, to falando da minha visão. Ficou confuso o que é problema, pra quem que é, qual é a resposta, se há ou não. Não há um problema real, um problema absoluto ou vários problemas absolutos. O problema é assim, eu aprendo mais se eu pegasse uma folha e escrevesse assim a questão: o que eu to pensando? Existe o espaço absoluto? Esse é um problema. Essa é a questão que a gente discutiu em outras palavras. Uma outra questão, que depois ((Pausa))
- 875 **M:** Então, mas tem naquela folha lá.
- 876 **D:** É, mas na folha não tá tão do jeito que eu falei.
- 877 **M:** Ah, entendi.
- 878 **D:** Tá mais ((Pausa)) tem que ser uma pergunta objetiva. Assim, o problema é: dois pontos. Existe o espaço absoluto? Ponto de interrogação. Esse é o problema. Ah, beleza, vou pensar. É, e depois a gente vai ((Pausa)) outro problema: o movimento é ((Pausa)) a inércia é assim ou é assado? Ponto de interrogação.
- 879 **F:** Mas não faz sentido fazer assim.
- 880 **D:** Não, acho que assim fica ((Pausa))
- 881 **N:** Não, não é assim porque, ó ((Pausa))
- 882 **F:** Mas a gente precisa viajar ((Pausa))
- 883 **D:** Depois de a gente ter viajado, é bom, eu pelo menos ((Pausa))
- 884 **M:** Então, mas isso vai começar depois da viagem. A ideia era deixar vocês pensarem.
- 885 **F:** ((Inaudível)).
- 886 **D:** É que a gente viajou tanto que pra mim eu esqueci os problemas.
- 887 **M:** Entendi, mas eu vou retomar então.
- 888 **D:** Tá bom.
- 889 **M:** Eu retomo na próxima e falo os problemas são esses ((Pausa))
- 890 **D:** Isso, assim. Isso, isso, isso, pá! Aí a gente ((Pausa))
- 891 **M:** É que seu eu começar já assim, sem você entender o ((Pausa))
- 892 **F:** O por quê da pergunta.
- 893 **M:** Por quê que eu to pondo essa pergunta?
- 894 **N:** Eu acho que o que ela queria é que a gente chegasse ao problema do jeito que eles chegaram, certo?
- 895 **M:** É, mais ou menos isso. Não tem como chegar exatamente igual, mas ((Pausa))
- 896 **D:** Que a gente percebesse que é um problema.
- 897 **M:** Que é ((Pausa)) isso. Que você sentisse a necessidade.
- 898 **F:** ((Inaudível)).
- 899 **M:** Putz, agora eu não consigo definir o que é um movimento verdadeiro. Ferrou. Aí sim, aí, na próxima eu faço as perguntas como você sugeriu.
- 900 **D:** É uma sugestão isso. Bem direto mesmo. Que, quando você fizer a pergunta eu vou ler assim ((Pausa))eu vou ler a questão, você dá, sei lá, uns dois minutos, aí eu vejo a questão e penso assim: ah tá, a gente discutiu isso ((Pausa)) realmente eu não sei.

- Entendeu?
- 901 **M:** Beleza.
- 902 **D:** Por que se você fizesse isso na primeira aula, eu nunca teria pensado nisso antes. Então, teria aceitado que isso é um problema e ponto final.
- 903 **M:** Então no final das contas deu certo.
- 904 **O:** Deu certo.
- 905 **M:** Aí, antes da gente começar a resolver os problemas, a gente relembra quais eram.
- 906 **D:** Quais são os problemas? O que que a gente tá procurando?
- 907 **M:** Na verdade são só dois. O espaço absoluto ou relativo e o movimento absoluto ou relativo.
- 908 **D:** Tá. São só esses dois.
- 909 **M:** Se existe movimento verdadeiro, na verdade ((Pausa))
- 910 **O:** Movimento absoluto.
- 911 **M:** Absoluto na verdade não tem né, sempre é relativo, nem que seja ao espaço.
- 912 **D:** Bom, é que eu tenho que ir.
- 913 **M:** Mas enfim, são só esses dois.
- 914 **D:** É uma sugestão.
- 915 ((Inaudível))
- 916 **D:** Falou gente, tchau!
- 917 **F:** Por quê o currículo da física é feito tão é ((Pausa)) matemático?
- 918 **M:** Então ((Pausa))
- 919 **F:** Porque ((Pausa))
- 920 **O:** Porque é teórico. ((Risos))
- 921 **F:** Não, não, não, beleza. Bacharelado eu entendo. Agora, que nem, licenciatura, aí a USP sempre foi considerada a melhor do segmento e inovadora também. E tipo, sei lá ((Pausa))
- 922 **O:** Porque tudo é sistematizado, se você pegar ((Pausa))
- 923 **F:** Não cara! Quando a gente vai dar uma aula, você dá ((Pausa)) ((Inaudível)).
- 924 **O:** A sua aula é isso ((Pausa))
- 925 **F:** Mas o conhecimento tem que ser passado. Só que aqui, o quê que acontece? A gente não ((Pausa)) a gente aprende um conhecimento de livro e vai pegando e tipo ((Pausa)) um debate desse. Eu acho muito melhor fazer esse debate do que um curso inteiro de ((Pausa))
- 926 **O:** Mas a sua aula numa escola serve pra quê?
- 927 **F:** Pra passar informação.
- 928 **M:** Então, mas o legal ((Pausa))
- 929 **O:** Tá, e o que eles fazem com sua informação?
- 930 **F:** Porque eu acho que as aulas da USP deviam ser assim. Não tipo ((Pausa))
- 931 **N:** Eu também acho, só pra nós licenciados.
- 932 **F:** Por que não pro bacharelado?
- 933 **N:** Porque é o que eu falei do ((Pausa))

ENCONTRO 3

((Participação de duas das pessoas que se inscreveram para participar da pesquisa, mas que não puderam ir aos encontros anteriores. Quase não fizeram intervenções. As chamaremos de T e S))

- 1 **M:** Bom, vamos começar só lembrando os problemas que a gente tinha. Quem lembra os problemas? Só pra esquematizar, como o D ((Pausa)).
- 2 **O:** Se o espaço é absoluto ou relativo, absoluto, se é absoluto ou relativo.
- 3 **M:** O que que significa isso?
- 4 **O:** Se o espaço depende ou não de alguma coisa para existir, se existe algum movimento privilegiado, em algum referencial privilegiado para descrever o movimento.
- 5 **M:** Todo mundo concorda com isso?
- 6 ((Fazem que sim com a cabeça))
- 7 **D:** Uhum.
- 8 **M:** Vocês concordam com ele? Você entendeu o problema? ((Pausa)) A questão era assim: a gente tava discutindo, por exemplo, sempre o exemplo é o N né ((Pausa)) Eu girando em volta do N. Se eu “to” girando em volta do N, se eu to no meu referencial, o que eu vejo? Eu vejo o N girando, certo? E se eu “to” no referencial dele, eu to girando.
- 9 ((Risos)).
- 10 **M:** Aí, a questão que a gente “tava” discutindo é: será que um movimento, o meu movimento ou o dele é verdadeiro? Será que existe um verdadeiro ou não, são equivalentes? Porque não tem como saber, certo? Nos dois, quando eu meço ele “tá” girando, é totalmente equivalente.
- 11 **F:** É no espaço vazio né.
- 12 **M:** É, vamos supor que “tá” só nós dois aqui. Era essa uma questão. A outra que a gente tava discutindo como é que você mede o movimento, é sempre com relação a alguma outra coisa. E aí se tem um corpo num espaço espaço vazio, que a gente “tava vendo” que o espaço é totalmente igual em todas as partes, então, como você vai saber se o corpo está se movendo se você faz uma medida com relação a um outro corpo? Isso a gente discutiu, e, qual que é a definição de movimento mesmo? Só pra gente ((Pausa))
- 13 **O:** A variação do espaço pelo tempo ((Risos))
- 14 **M:** Mas um pouco mais, que dê pra entender melhor.
- 15 **O:** ((Inaudível))
- 16 **M:** Isso que ele falou é a velocidade. O movimento também depende da velocidade. Mas seria a mudança da posição no espaço, certo? É a mesma coisa que você falou, só que com outras palavras. É mais intuitivo de entender. Vocês dois concordam? Tudo bem? E porque que dessa definição de movimento, como mudança no espaço atrapalha a gente de decidir qual que é o movimento verdadeiro, ou o referencial, porque que essa definição atrapalha a gente?
- 17 **O:** Porque o espaço é imutável né. ((Risos)) Porque ele vai variando com relação ((Pausa)) o corpo, o corpo vai se movimentando e conforme ele vai se movimentando o espaço vai se adequando ao movimento dele.
- 18 **N:** Ainda no exemplo da coisa ou não? Isso ainda no exemplo da, de eu girando em volta de você ou você girando em volta de mim?
- 19 **M:** Pode ser. Em qualquer movimento pode pensar em qualquer movimento. Se a gente define como mudança de posição no espaço, com relação a mim você “tá” mudando de lugar, certo? No espaço. Pode ser também com relação ((Pausa)) mudança de lugar no espaço “tá”. Você “tá” mudando, e com relação a você, eu “to” mudando. E aí, o espaço é um negócio que “tá” grudado em você, imóvel, ou em mim.
- 20 ((Risos)).
- 21 **M:** É daí que vem esse problema do movimento, de você definir como ((Pausa))

- 22 **F:** Como a gente sabe que o espaço “tá” grudado?
- 23 **M:** Não, não é que tá grudado, só pra entender.
- 24 **F:** Não, mas é que ((Pausa))
- 25 **M:** Por que aí seria relativo. Se com relação a mim o movimento dele for equivalente, né, a mim e a ele, tanto faz, então quando “tá” em mim eu tenho que imaginar um espaço aqui, parado, pra fazer a medida, certo? Eu “to” parada, se eu “to” com o referencial em mim eu “to” parada, certo?
- 26 **F:** É, que eu tava pensando se existe um movimento verdadeiro. A minha concepção é que existe um espaço absoluto.
- 27 **M:** Sim, mas antes de você ter a sua própria concepção, tenta entender só o problema, aí depois ((Pausa))
- 28 **F:** ((Inaudível))
- 29 **M:** “Tá”. Mas isso pode dificultar de você entender os outros, as pessoas que defendem o outro lado por exemplo. Não vai ser hoje, vai ser na próxima, então ((Pausa)) mas, vocês entenderam isso do espaço ser relativo ou absoluto, se eu coloco o referencial em mim, eu “to” parada e eu “to” medindo a mudança de posição do N, com relação a uma coisa, numa coisa que “tá” parada também. Seria o espaço com relação a mim. Ele “tá” mudando de lugar com relação a mim. Se for com relação a ele é outro espaço. Vocês perceberam? Nesse sentido que o espaço é relativo. Se existir um único espaço, que seria o absoluto, aí sim, vai ser só o meu referencial que vai valer. Só esse espaço que é de verdade, o dele é só uma percepção, uma impressão dele pela posição que ele “tá”.
- 30 **F:** Quando a gente trata de um movimento, independente do referencial, a gente pensa na energia gasta, no trabalho realizado?
- 31 **M:** Então, no contexto que a gente tá discutindo aqui ainda não, a gente tá tentando descobrir a roda aqui agora, começando a pensar na formação do movimento. Isso da energia vai surgir depois, se a gente fosse continuando aqui poderia chegar nisso. Mas é, usa movimento, conservação da quantidade de movimento, energia ((Pausa))
- 32 **F:** Não, é que existe o movimento verdadeiro na minha concepção, que se você for analisar o movimento verdadeiro é quando se um tá parado e o outro tá se movimentando, é aquele que gasta energia, realiza trabalho, um é verdadeiro e o outro não. O espaço é absoluto na minha concepção.
- 33 **N:** Mas acontece que o corpo realiza trabalho só se tiver sendo aplicada uma força.
- 34 **F:** Mas pra você se movimentar você precisa de uma força.
- 35 **M:** Então, mas como você vai saber?
- 36 **F:** Se você for girando em volta dele e ele tá parado, então você tá girando, e se ele não tá gastando nenhum tipo de energia, é diferente. Tipo, você pode ver que existe uma energia que tá sendo gasta pra você girar.
- 37 **M:** Então, o que você falou, não dá pra definir também olha. Primeiro que a energia é calculada com relação à velocidade, a velocidade é a mudança no espaço, e aí, essa velocidade é com relação à qual referencial? A gente tá falando de um negócio que não dá nem pra pensar, porque se há movimento no espaço e o espaço é todo igual, você não consegue imaginar esse movimento, vocês percebem? E a energia, como consequência, se ela depende da velocidade, você não ((Pausa)) se você não tiver o referencial pra medir a velocidade vai mudar, com relação a um referencial vai ser uma velocidade, com relação a outro vai ser outra.
- 38 **F:** É que eu pensei muito no seguinte: dois seres humanos, um vai gastar energia biológica, queimar energia pra se alimentar, não pensei na parte geral.
- 39 **M:** Mas foi legal o que você pensou. Por enquanto a gente tá no comecinho.

- 40 **N:** F, já que você falou, o trabalho é força vezes deslocamento.
- 41 **F:** Não, esquece a física. O ser humano quando ele se movimenta ele não gasta sua própria energia?
- 42 **N:** Eu girando em volta dela ((Pausa))
- 43 **F:** Pensa assim, se você estiver parado vai queimar ((Pausa))
- 44 **N:** Então, mas agora ((Pausa))
- 45 **F:** É que eu pensei o ser humano em si, eu não pensei abrindo o leque.
- 46 **N:** Então, porque você pode pensar que eu e a M ((Pausa))
- 47 **M:** E com relação à força também pessoal, não dá pra perceber a diferença, por exemplo, vou pegar o cabaia de novo ((Risos)). O N, se ele tá parado e eu to sendo acelerada pra lá eu não vou pensar que ele é quem tá sendo acelerado pra lá?
- 48 **O:** Sim.
- 49 **M:** Como que eu vou saber se a força tá em mim ou se tá nele? Alguém tem uma ideia?
- 50 **O:** Se fosse uma gelatina seria uma deformação.
- 51 **N:** Faz meio que assim ó (imitação do som da gelatina) ((Risos)).
- 52 **O:** Se fosse gelatina daria pra ver.
- 53 **M:** Então, é aquilo que a gente discutiu na semana passada.
- 54 **N:** Falando sério, to brincando, mas falando sério ((Pausa))
- 55 **M:** Pra diferenciar os movimentos, vai vir aquela questão que a gente discutiu na semana passada que é o aparecimento da força centrífuga, no caso, a gelatina lá indo pra fora e aí ele fica fazendo cara feia porque a força centrífuga é fictícia né, fica falando essas coisas, aí a gente vai ver que tem dois tipos de forças centrífugas, uma é totalmente real, e essa que vocês conhecem como fictícia é só uma impressão mesmo de referencial. Mas isso a gente fala depois. Então, os problemas estão claros?
- 56 **O:** Sim.
- 57 **M:** Alguém quer fazer alguma pergunta antes de continuar? T? Você não tá perdida?
- 58 **D:** Se abstém ((Risos)).
- 59 **V:** Não, eu tava pensando, quando você fala espaço, isso que a gente tá discutindo aqui, esse espaço, o que que ele é? Eu sei que é uma pergunta estranha, mas, você diz, é tudo aquilo que a gente conhece como Universo?
- 60 **M:** Não ((Pausa))
- 61 **V:** Não, o fundo, eu digo.
- 62 **M:** É ((Pausa)) É que não tem como falar é isso, eu posso falar é isso dentro de uma teoria. Mas, basicamente o que a gente tá tentando achar é esse lugar onde todos os corpos estão, uma forma de pensar ((Pausa))
- 63 **D:** Certo ((Pausa))
- 64 **M:** Ou, porque se pensar assim, o lugar onde todos os corpos estão, você tira todos os corpos e sobra o lugar.
- 65 **V:** Sim.
- 66 **M:** Mas, a outra concepção é que se você tira todos os corpos o lugar também some.
- 67 **V:** Ah, tá.
- 68 **M:** Que aí ((Pausa))
- 69 **V:** É que eu penso assim, eu tava pensando, se o Universo expande, esse lugar onde as coisas estão também expande, eu não poderia tomar como ponto de referencial?
- 70 **M:** O que, qual referencial?
- 71 **V:** É, então, é meio confuso.
- 72 **M:** O problema é que também não serve pra explicar o nosso, o movimento, que a gente tá tentando entender o movimento relacionado ao espaço, movimento como mudança da

- posição de um corpo no espaço.
- 73 **V:** Uhum.
- 74 **M:** Tanto faz se ele tá expandindo ou não, como ele é sempre igual e homogêneo em todas as partes, da mesma forma, se ele tá expandindo ou não, você não vai conseguir diferenciar, aí a gente pode falar: ah, a gente vai lá na ponta e vê a diferença entre o espaço e o nada, aí já tá viajando. ((Risos)). É válido isso, só que para o nosso problema de saber se existe um movimento verdadeiro ou não e se esse movimento é com relação ao espaço absoluto ou relativo, aí não tem necessidade de falar da expansão, entendeu? Alguém quer fazer mais alguma pergunta?
- 75 **N:** Eu tenho um comentário a fazer.
((Discussão interrompida por problemas externos))
- 76 **M:** Alguém vai fazer mais alguma pergunta? Porque agora a gente vai tentar ver como é que o Newton responde essas perguntas.
- 77 **F:** Antes de fazer 26 anos ou depois?
- 78 **M:** Antes, foi o primeiro livro dele.
- 79 **F:** ((Inaudível))
- 80 **M:** Então, acho que você vai ficar um pouco perdida, mas você pode ir perguntando. ((Chega uma participante do grupo, S))
- 81 **M:** É até bom pra gente tirar dúvida que pode ter ficado sem ter percebido que ficou. Então, existem várias formas de fazer filosofia, uma é essa que a gente tava fazendo perguntando o que é o espaço, se existe movimento verdadeiro e tal, só que essas perguntas, como a resposta delas não pode ser confirmada na experiência, a gente só pode ficar tentando chegar nelas por meio da razão. E a outra forma de filosofia é a gente tentando responder a pergunta e ver quais são as consequências dessas respostas, que foi o que o Newton fez quando ele formulou a mecânica dele, a mecânica newtoniana. Eu vou ler junto com vocês.
- 82 **V:** Outra dúvida, o Newton, quando ele pensou nas leis, foi tipo postuladas, foram empíricas, foram ((Pausa))
- 83 **M:** Foi uma mistura. Primeiro veio aquela questão do Descartes, que eu tava falando da semana passada que era de saber porque quando um corpo tá girando aparece essa tendência de ele se distanciar do centro, sabe, que nem se você tá fazendo uma curva em um carro você faz assim ((Pausa)) (inclinação do corpo). Por quê? Esse era um problema, ele não tava pensando na questão de se existe um movimento verdadeiro ou não, se o espaço é relativo ou não, primeiro ele tava pensando nessa questão de explicar porque no movimento circular aparecia força centrífuga.
- 84 **V:** Isso antes de ele pensar sobre a primeira lei, segunda lei.
- 85 **M:** Antes de fazer a primeira lei, segunda lei, ele tava pensando nessa questão.
- 86 **V:** Uhum
- 87 **M:** E não era só ele, antes dele, Descartes estava pensando, outras pessoas, outros físicos, filósofos naturais também estavam pensando nisso. Descartes não conseguiu explicar esse problema específico.
- 88 ((Inaudível))) ((Risos))
- 89 **M:** Descartes não conseguiu explicar, não sei se vocês lembram o que eu falei, da outra vez que ele tentava explicar o movimento com relação aos corpos mais próximos e aí ele falava que os planetas estavam girando em volta do Sol mas que isso era uma percepção de quem não entende de ciência, da filosofia natural, que na verdade o movimento verdadeiro mesmo era parado, porque o movimento do planeta era com relação aquele fluido, o vórtice, que estaria girando em volta do Sol e carregando o planeta. Então,

filosoficamente falando o planeta estava parado, aí vocês não precisam entender isso a fundo, só saber que antes existia uma contradição, porque se o planeta tava parado, como é que ele poderia sentir uma força centrífuga? Isso era detectado experimentalmente, que o planeta tinha essa tendência de sair, tava girando e tem essa tendência de sair na radial, só que pra fora, não pra dentro. E aí Newton tentou explicar isso também e aí foi que ele formulou a mecânica dele. Ele falou, ah o movimento não pode ser com relação a outro corpo se não, não dá pra gente explicar isso. Antes de fazer o experimento do balde, que é o principal argumento dele pra mostrar que o espaço é absoluto, e que existem movimentos verdadeiros eu vou falar pra vocês quais foram as definições dele de massa, inércia, força centrífuga, força de reação, pra vocês entenderem esse experimento do balde. Aí vocês vão me parando. Acho que hoje eu vou falar mais do que vocês, né.

90 (((Risos)))

91 **M:** Das outras vezes vocês falaram mais que eu ((Risos)). Foi muito mais legal assim, agora pode ser que fique um pouco mais chato porque eu vou ter que passar informação nova agora. Peguem essa folha aqui ((Pausa))

92 **M:** Bom, depois que Newton define massa de um jeito muito esquisito, ele coloca que massa é igual a densidade vezes o volume e aí o que é densidade né ((Pausa))mas ele define assim.

93 ((Risos))

94 **M:** E depois que ele definiu quantidade de movimento também, como o produto da massa vezes a velocidade. Ah, aceleração ele não chamava de aceleração, ele chamava de mudança do movimento. Eu acho muito mais intuitivo entender assim. Se você muda o movimento você coloca uma aceleração, o movimento dele tava sempre igual antes, por exemplo, o corpo tava com uma velocidade constante, quando você muda esse movimento, a única forma que tem de fazer isso é aplicando uma força, uma aceleração. Bom, aí depois ele vai definir força de inércia, vocês já ouviram falar de força de inércia?

95 **O:** Não.

96 **D:** Não conheço.

97 **M:** A força de reação é uma força de inércia, a força centrífuga é outra força de inércia. Como que surge essa força? Ele vai falar assim, existe a inércia, até aí já era conhecido, e aí ele vai falar, como o espaço ele é sempre igual em todas as partes, ele é ((Pausa)) as propriedades dele são as propriedades da geometria euclidiana, então não tem porque um corpo fazer curva nenhuma. Se não tem força, não tem nada, então ele vai sempre em linha reta. E o corpo ter massa, dá um propriedade pra ele, que é esse poder de resistir. E quando ele vai resistir é que aparece a força de inércia. Bom, a força de reação que aparece na terceira lei de Newton é uma força de inércia, que é uma resistência do corpo quando alguém tá tentando mudar ele do movimento natural dele, do movimento de inércia. Então, tá lá o corpo paradinho, né, aqui tá o corpo parado ((Pausa))

98 ((Risos)).

99 **M:** E eu vou tirar ele do estado de inércia, se eu tiro ele do estado de inércia, ele vai fazer uma força em mim pra isso não acontecer.

100 **D:** Entendi.

101 **M:** Se ele não tivesse essa força de resistência, eu iria fazer uma força nele e ele teria uma aceleração infinita. Certo? Vocês podem pensar nisso como se fosse uma mola, por exemplo, eu sou uma mola e ele vai me empurrar, né, ou eu vou empurrar ele vai. Eu sou uma mola, to contraída aqui, e vou empurrar ele. Pra ele diminuir a força que eu aplico nele, ele tem que aplicar uma força em mim, se ele me comprimir mais, a força não vai mudar?

((Pausa))

- 102 **M:** Vocês percebem que se ele não aplicasse uma força em mim de volta, a força que eu aplico nele seria infinita? O fato de ele aplicar uma força em mim de volta, faz com que tenha uma modulação dessa força. Que ela diminua.
- 103 **D:** Mas na mola é o contrário.
- 104 **M:** É, na mola é o contrário, só pensar que conforme você distende a mola né, varia. É só uma analogia que não vale cem por cento. Alguém quer fazer alguma pergunta?
- 105 **V:** Mas porque uma aceleração infinita?
- 106 **M:** Por que se ele não tem massa, ele também não pode resistir.
- 107 **V:** Ah, ele não tem massa.
- 108 **M:** É, se ele não puder resistir é porque ele não tem massa. Massa é o que faz o corpo ter inércia.
- 109 **V:** Certo ((Pausa))
- 110 **M:** E o termo força de inércia porque ((Pausa))
- 111 **M:** E pra Newton, quem que faz essa força de reação? Ela tem duas origens. A força de reação ela vai ter duas origens, uma é porque o corpo tem a massa, e a outra a origem dela é o espaço. É o espaço absoluto que faz essa força no corpo. Essa de reação. É a causa. Toda força não tem uma causa? Eu fiz a força nele, eu fui a causa, e essa força de volta, uma foi porque ele tem massa e a outra foi porque eu tentei tirar ele do movimento do espaço absoluto, do movimento natural dele, de inércia.
- 112 **O:** Nossa ((Pausa))
- 113 **M:** Quer perguntar alguma coisa? Eu vou ler esse trechinho e aí vocês me dizem o que vocês entendem, tá? Isso aqui é do Principia também, eu coloquei aqui ó, na parte B, embaixo, a força de inércia vai ser o que: $F_I = -m \cdot a$. Menos a força que foi aplicada no corpo. ((Leitura de citação:)) “Esta força é sempre proporcional ao corpo do qual ela é a força, e não difere em nada da inércia da massa, exceto na maneira de concebê-la”. O que vocês entendem dessa frase?
- 114 Nada.
- 115 **M:** É que tá escrito de uma forma estranha mesmo né. Quando ele fala assim ó: essa força, essa força é o que? É a força de inércia, ou seja, a força de reação ou uma força centrífuga. A força centrífuga do movimento circular, ela aparece porque ((Pausa)) o corpo gostaria de ir em linha reta, mas a gente tá tirando ele do estado natural dele. Então a força centrífuga aparece como uma força de reação, porque eu to tentando tirar. É a mesma natureza da força de reação da terceira lei de Newton. Que a gente geralmente associa com o movimento linear né. Mas no circular também acontece isso. E essa frase aqui ó, “essa força é sempre proporcional do qual ela é a força”, ou seja, a força que ele vai fazer em mim depende da massa dele. Se você vai empurrar um caminhão ou vai empurrar uma formiga é diferente. Depende ((Pausa)) a resistência que ela tem depende da massa dela, que o objeto tem. É isso o que tá dizendo aqui, “essa força é sempre proporcional ao corpo do qual ela é a força” e não difere em nada da inércia da massa. Não é que não difere, mas o que ele quer dizer com isso aqui, que a força de inércia e a massa inercial tem como se fosse a mesma natureza, porque, só tem força de inércia se tiver massa, é nesse sentido que ele tá querendo dizer que são a mesma coisa. Se ele não tivesse massa eu iria empurrar ele e ele não iria resistir. Então não ia aparecer a força de inércia. É nesse sentido que ele fala que é igual. Posso ir? Gente, me parem. ((Pausa)) Bom, “Devido à natureza inerte da matéria, não é sem dificuldade que um corpo abandona seu estado de repouso ou de movimento”. Então, eu não vou conseguir tirar um corpo do movimento natural dele, ou de inércia, ou de repouso ou de movimento retilíneo

- uniforme sem dificuldade. Ele vai resistir ao movimento, eu vou fazer uma força nele, mas ele vai fazer em mim também.
- 116 **D:** Eu não entendi o que que é o movimento de inércia.
- 117 **M:** O movimento de inércia é o movimento da primeira lei de Newton. Que é ou parado ou em movimento retilíneo uniforme.
- 118 **N:** Então são dois.
- 119 **M:** São dois.
- 120 **N:** É que pra mim parecia que eram três.
- 121 **M:** Onde? Qual é o terceiro?
- 122 **N:** ((Risos))
- 123 **M:** Então tem esses dois e tem a força de inércia. Dois movimentos, que é ou parado ou em movimento retilíneo uniforme, aí vem a questão né, é parado ou movimento retilíneo uniforme com relação a que? A gente já vai responder. E quando você tenta tirar um corpo do estado de inércia dele, do movimento de inércia, movimento inercial ou movimento natural, você precisa fazer uma força nele. E ele vai te responder com uma força de inércia, a força de inércia é uma força que surge porque você tá tentando tirar um corpo da inércia.
- 124 **R:** É uma força de reação então.
- 125 **M:** Isso, é uma reação. Essa reação, uma causa dela é o corpo ter massa e a outra, é ser um movimento com relação ao espaço absoluto. Isso vocês não vão entender agora, depois com o experimento do balde eu vou explicar melhor. Bom, “Consequentemente, a *vis insita* pode também ser chamada de *vis inertiae* ou força de inatividade. Mas o corpo só exerce essa força quando uma outra força, exercida sobre ele, se esforça para modificar seu estado; e o exercício desta força pode ser considerado, ao mesmo tempo, resistência e impulsão”. O que vocês podem entender disso?
- 126 ((F sai da sala porque passou mal devido ao calor))
- 127 **M:** Ao mesmo tempo que ela resiste ela também pode funcionar como uma causa alterando o meu movimento.
- 128 **D:** Legal isso.
- 129 **O:** ((Inaudível))
- 130 **M:** Eu acho muito legal a forma como Newton escreve. Se você lê, consegue entender de forma bem intuitiva, coisa que você não entende no Halliday, por exemplo. Depois se vocês quiserem dar uma olhada ((Pausa))mas enfim, “a força é a resistência quando o corpo, para conservar seu estado, se opõe à força imprimida; e é de impulsão na medida em que o corpo, ao resistir à força exercida pelo outro corpo, tenta modificar o estado deste último”. Foi o que vocês explicaram agora pra mim. Bom, aí ele tem várias definições, eu coloquei só essa daqui pra vocês verem, então, existem dois tipos de força, quais são? Vamos ver se vocês já conseguiram pegar ((Pausa))
- 131 **D:** As reais ((Pausa)) as externas e internas.
- 132 **M:** É, a interna seria a força de inércia.
- 133 **N:** Externa é a força que age e a força interna é a força ((Pausa))
- 134 **O:** resistindo ((Pausa))
- 135 **N:** tem a força que tá agindo, e a força sobre a qual a força que age está agindo, é ((Pausa))
- 136 **M:** Resiste.
- 137 **N:** Resiste. Difícil colocar nas palavras.
- 138 **M:** Então, é que elas tem duas naturezas diferentes, percebe? A causa da força que eu to fazendo nele é minha, meu músculo ta mexendo e eu to fazendo uma força nele. Agora, essa resposta dele em mim, a causa é diferente, é porque ele tem uma massa e é com

relação ao espaço. É que eu to querendo tirar ele do movimento inercial.

139 **D:** Movimento inercial em relação ao espaço absoluto.

140 **M:** Isso. Por enquanto Newton ainda não definiu isso, a gente vai ver no experimento do balde. Que ele vai falar, com relação a que tem que ser o movimento inercial? Porque a linha reta você pode ver com relação a alguns referenciais, em outros referenciais a linha reta vai parecer curva. Se eu to girando e ele ta indo comigo, por exemplo, eu vou achar que ele tá parado com relação a mim e que portanto ele tem um movimento inercial. E aí com relação a que referencial que eu vou decidir isso? Aí ele vai mostrar. ((Pausa))

Bom, quando ele define força externa, ele chama de vis impressa, só pra vocês saberem, “a *vis impressa* é a ação exercida sobre um corpo de maneira a modificar seu estado, seja ele de repouso ou de movimento uniforme em linha reta.” Vocês percebem que esse movimento inercial é um movimento natural, você não precisa explicar ele. Natural pelas propriedades do espaço. Pela geometria euclidiana. Se qualquer corpo sai desse movimento natural, você tem que explicar, ou com uma força ou ((Pausa)) existem movimentos que saem do movimento natural sem nenhuma explicação, e aí Newton vai falar que esse movimento aí é relativo, totalmente aparente. Por exemplo, eu faço a força no R, aí ele vai pra lá, eu não, alguém faz uma força no e eu to parada, então eu vejo o R indo pra lá por causa de uma força, só que do referencial do R, eu estava parada e de repente eu fui pra lá. Ninguém fez força em mim. Então o movimento puramente relativo ele pode ser modificado sem força.

141 **N:** Ah, então ele é de mentira. O movimento relativo não acontece no espaço absoluto, ele só acontece no relativo.

142 **M:** Isso, seria com relação a algum outro corpo. E como que eu vou achar qual que é o movimento com relação ao espaço absoluto? Né? Bom, e aí, isso foi o que eu falei agora, existem portanto duas categorias de forças, as forças de inércia, ou interna. Lembrem-se desses nomes, que eram o principal que Newton tentava explicar. Por que aparece a força de inércia? Por que quando eu empurro um corpo ele me empurra de volta? Por que essa força de inércia aparece? Por que quando um corpo ta girando ele tenta fugir do centro? Sabe, não tem só a força puxando ele pra dentro, tem também uma força puxando ele pra fora. Isso é experimental. Eu vou explicar pra vocês o que é força fictícia, tá? Por enquanto, essa força centrífuga, que eu to falando, existem dois tipos, essa é a real, que tem a mesma origem da reação, porque eu estou tentando tirar o corpo que queria ir em movimento retilíneo uniforme, to tentando tirar ele desse estado e aí aparece essa força centrífuga.

143 **D:** Nenhuma das duas é imaginária?

144 **M:** Essa aqui que é igual a da reação, ela é real. A fictícia é só uma impressão do referencial. Quer que eu explique agora já o que é a força fictícia? Melhor né? Vou fazer um desenho. (Desenho de um corpo em movimento circular).

Se eu tenho um corpo girando aqui, se eu solto esse corpo nesse ponto da trajetória, o que vai acontecer com ele?

145 **D:** Tangente ((Pausa))

146 **M:** Ele vai sair pela tangente em linha reta né? Vai sair pra cá ((Pausa)) a pessoa que tá aqui fora, vai falar, ah beleza, ele saiu em linha reta, a pessoa que ficar aqui nesse referencial ((no referencial do movimento circular)) vai ver sempre essa bolinha se distanciando pra lá, só que do referencial dela vai parecer que ela tá fugindo na radial. Deu pra ver isso?

147 **D:** uhum ((Pausa))

148 **M:** Então, ela tá indo em linha reta, só que a pessoa continua ainda aqui, e a bolinha também, então vai parecer que a bolinha tá fazendo isso (movimento radial) pra lá. Que tem uma

- força puxando a bolinha na radial. Essa força é fictícia porque ó, porque desse referencial (inercial) eu vejo claramente que é só uma questão de, porque ele tá naquele referencial. Essa força não deforma o corpo, ele não sente nada. É só uma questão de referencial mesmo. Agora, a força centrífuga que é real, é enquanto o corpo tá preso aqui.
- 149 **N:** Porque de fato, pelo observadorzinho ali fora, ele tá girando, e por ele estar girando tem que existir uma força atuando nele. Acho que a chave é o observador de fora né? Ele que define, a observação do carinha que você desenhou ali fora define qual das forças é real e qual não é.
- 150 **M:** É, o problema é saber se o cara que tá fora tá parado, aí volta aquela questão, qual é o movimento verdadeiro? A do cara que tá girando ou do cara que tá fora?
- 151 **R:** Eu posso imaginar então que seria uma força pra ((Pausa))
- 152 **M:** É fictícia. Só pra usar o termo.
- 153 **R:** É, ela serve digamos para normalizar um referencial inercial. É isso? Por exemplo, se você compara um referencial inercial com um não inercial você precisa pra que ((Inaudível)) ao mesmo movimento.
- 154 **M:** Sim, também. Só que no caso, você pode pensar desse jeito, que é a forma como a mecânica pensa hoje, ela abandonou algumas coisas do Newton, falou assim, ah, o Newton todo esse pensamento metafísico, com o espaço absoluto, coisa que a gente não pode detectar, pra chegar nisso. Mas depois que chegou, vamos abandonar, funciona, não preciso explicar. Vocês aprendem assim, e no fundo, a forma como ele chegou nisso é totalmente necessária pra gente conseguir entender toda a visão de mundo que tava por trás. Por isso que muitas vezes a gente não entende. A gente só aceita e calcula. Por que no fundo a Ciência hoje aceita isso e calcula. É só uma ferramenta, a mecânica clássica, hoje em dia já é relatividade geral, mecânica quântica, a mecânica clássica virou uma ferramenta pra por exemplo, caos, ou pra tratamento de dados macroscópicos. Mas a visão de mundo hoje da ciência não é a mesma de antes, por isso que nem sempre se quer ensinar isso.
- 155 **R:** Uhum
- 156 **M:** Bom, o que você falou é verdade, se eu to naquele referencial, eu to vendo que tem uma força me puxando pro centro, mas eu to parada. Então tem que ter uma outra força me puxando pro outro lado pra eu estar parada. Certo?
- 157 **R:** Não acompanhei
- 158 **M:** Ó, eu to no referencial girando, só que eu to vendo que tem uma corda me puxando. Só que porque eu não vou? A única explicação é que tem outra força me puxando pra trás. Por isso que quando você tá em um referencial acelerado você coloca uma força fictícia pra conseguir fazer as contas.
- 159 **J:** Mas e no referencial do Sol? ((Inaudível))
- 160 **M:** Não, isso aí é se você tá no referencial da Terra. Se a força tá puxando ela pra fora, no referencial da Terra por exemplo não existe.
- 161 **R:** A gente não sente ela, é isso?
- 162 **M:** É, ela é totalmente fictícia, só pra conseguir arrumar as contas aqui. E vocês perceberam ali que a pessoa que tá girando pensa, quando o corpo sai por inércia, pensa que tem uma força puxando? Que eu to aqui girando aí de repente eu vejo a bolinha se afastar. Se eu olho pra lá, tem uma força girando, só que se eu mudo de referencial eu vejo que essa bolinha sai em linha reta.
- 163 **D:** Só uma pergunta. Ó, você diz assim que a gente não vê, o que eu quero falar é assim, se eu tivesse no referencial girando eu veria a bolinha sendo puxada com uma força.
- 164 **M:** É, iria dizer que tem uma força.

- 165 **D:** Como é que a gente sabe que tem uma força? Só porque ela tá se movendo? Essa é a pergunta. Porque o cara que tá lá fora, ele também vai ver a bolinha se movendo em linha reta, mas porque que ele não pode pensar que tem uma força puxando que no caso está em linha reta? Porque os dois ((Pausa))
- 166 **M:** Por causa da velocidade.
- 167 **D:** Mas você, a pessoa que tá vendo isso, ela vê o movimento em si, ela vê que está se mexendo, mas ela num primeiro momento. Depois ela analisa que muda a velocidade ((Pausa)) é importante isso?
- 168 **M:** É precisa medir.
- 169 **D:** Não é só observar.
- 170 **M:** Não é só observar, na física pelo menos, se você quiser só filosofar ((Pausa))
- 171 **D:** Ah tá, entendi. Pelo exemplo parecia que o cara que giraria assim naquele referencial, eu vou ver a bolinha saindo radialmente a mim e eu to vendo uma força puxando ela. Ela tá saindo assim então tem uma força.
- 172 **M:** Eu deduzo que tem uma força porque ela está acelerando.
- 173 **D:** Ah, porque ela está acelerando e não porque tá em movimento.
- 174 **M:** É, não porque tá em movimento. É, eu esqueci desse detalhe também. Ah, só uma coisa, quando tem um movimento, que é inercial em um referencial, ou seja, velocidade constante, não muda. No outro, ele não vai ser inercial, quando você faz essa troca no outro referencial acelerado ((Pausa)) que nem essa bolinha aqui, no referencial do círculo ((Pausa))
- 175 **D:** Hum
- 176 **M:** Ela vai sair acelerada. Se você medir. Não é, ah, eu olhei tá indo em linha reta, como eu vou saber que ela tá acelerando ou não? Tem que medir. Ela sai acelerada pra lá, e pro cara que tá fora, ela sai em linha reta com velocidade constante.
- 177 **D:** E porque que ela sai acelerada? E que aceleração é essa? Digamos assim.
- 178 **M:** É exatamente igual à força centrípeta, é mv^2/R
- 179 **N:** Ah, entendi, aquela que você desenhou ali na lousa, você disse que ela sai acelerada. ((Pausa))
- 180 **M:** Essa aqui? Ó, vou fazer dois movimentos
- 181 **D:** Mas, esse movimento aí não é no espaço absoluto né?
- 182 **N:** Não sei.
- 183 **N:** Esse é acelerado.
- 184 **M:** É acelerado.
- 185 **N:** Porque o referencial tá em você.
- 186 **M:** Isso. Eu to acelerada.
- 187 **N:** Você tá acelerada. Só que pra você, você tá parada. É aquele mesmo esquema do trem. Concordo.
- 188 **M:** Isso.
- 189 **V:** E se a gente não soubesse quem estivesse girando afinal?
- 190 **M:** Aí que, depois o Newton explica com o balde ((Pausa)) mas essa é a questão que é a mesma de eu ficar girando em volta do N, com que a gente define? Porque quando você faz a medida ((Pausa))
- 191 **V:** Não, mas aí ((Pausa))
- 192 **M:** Não dá pra saber ((Pausa))
- 193 **V:** Não dá pra saber o que seria a força fictícia e o que seria a força ((Pausa)) a força. ((Risos))
- 194 **M:** Então, dá pra saber depois que o Newton faz o sisteminha dele, ele vai dar uma resposta

pra isso. Mas, antes dessa resposta dele, só comparando os movimentos não dá pra saber. Cinematicamente, sabe. Você falando, ah, essa bolinha está acelerada pra lá, eu to parada, só que eu vejo por exemplo o carinha da Sol girando. Não dá pra saber se o carinha do Sol tá parado ou se eu que to parada mesmo. Só medindo a aceleração e a velocidade, não dá. Mesma coisa, por exemplo, se eu e você estamos acelerados por uma força, só que juntos, a mesma força. Eu vou pensar que você tá parado. Não dá pra saber simplesmente medindo a aceleração.

195 **N:** Uhum.

196 **M:** Tudo bem? Aí, só essa questão da ((Pausa)) a força é fictícia quando é só uma impressão do referencial. Ou seja, eu to no referencial acelerado eu vejo a bolinha se acelerando pra lá. Essa força, eu penso que tem a força porque eu aprendi, que o Newton me ensinou que toda força causa uma aceleração. Então, deve ter uma força aí. Eu to achando ((Pausa))

197 **R:** Então, essa força fictícia aparece para referenciais não inerciais.

198 **M:** Isso.

199 **R:** Não vai aparecer em um referencial não inercial.

200 **M:** E não é que ela aparece. Ela não existe, né? É só uma impressão.

201 **R:** Aah. A ilusão dela só surge ((Pausa)) entendi.

202 **M:** Só que rapidamente eu chego a conclusão de que não é uma força porque eu não vejo a causa dela. Duas coisas você pode considerar. É ação e reação, pra ver se a força é fictícia ou não e se ela causa alguma deformação no corpo. Sempre que eu empurro um corpo, ele vai se deformar.

203 **V:** É tipo que nem no caso desse movimento, que você soltou a bolinha dali. Pra quem tá fora, ela vai sair, vai ser inercial. Pra quem tá dentro, vai ser radial.

204 **M:** Uhum

205 **V:** Pra saber qual é o movimento verdadeiro só tendo a força, você vê uma dife ((Pausa)) você vê uma força no movimento? Tipo a causa dele?

206 **M:** Então, só com a causa não dá pra saber.

207 **V:** E aí?

208 **M:** Eu vou explicar como a gente vai saber, é o balde ((Pausa)) ((Risos)) Eu quero primeiro que vocês saibam a diferença entre as duas forças centrífugas. Fala.

209 **N:** Eu entendi. O que você falou assim, ah, pra eu saber, tipo, a deformação do corpo. Se for uma força tipo de campo, tipo sei lá, a gravidade ou um campo magnético tem deformação?

210 **M:** Tem, tem. Só que se o corpo for muito rígido, você não vai conseguir observar. Teria que fazer uma medida com algum equipamento preciso. Mas sempre tem que ((Pausa)) porque a força, ela tá puxando aquela matéria, tá puxando. Então alguma deformação tem.

211 **N:** E se for só uma moeda? ((Inaudível))

212 **O:** A mesma coisa.

213 **N:** Se for um ponto material.

214 **M:** Então, é que ponto material é abstrato. ((Risos)) Aí não, porque ponto material não tem massa ((Pausa))

215 **N:** Nem dimensão pra ser deformado.

216 **M:** É, nem dimensão pra ser deformado.

217 **N:** Então, é isso que eu tava pensando.

218 **M:** Então, é que é uma abstração já, pra você não considerar nada além do movimento.

219 **O:** Mas se não tem massa, como tem movimento?

- 220 **M:** É um problema das abstrações, não tá relacionada com a realidade né. Você tenta simplificar a realidade pra tentar explicar, aí depois você volta pra ela.
- 221 **O:** ((Risos))
- 222 **D:** Só completando o pensamento do V, a força fictícia aparece porque o movimento é inercial.
- 223 **M:** Não, não-inercial.
- 224 **D:** É, não inercial. Ou, é não inercial porque aparece uma força fictícia? Ou os dois caminhos são igualmente ((Pausa)) um leva em outro e outro leva em um.
- 225 **M:** Então, é só uma impressão porque você está em um referencial que é não inercial.
- 226 **D:** Então a força vem depois. Assim, primeiro existiu um referencial não inercial e a partir daí existiu uma força, não que existe uma força antes e a partir daí existe um referencial não-inercial.
- 227 **M:** É, não tem como aparecer a força fictícia se eu não tiver acelerada. Eu preciso tá acelerada pra ver a bolinha se afastando de mim, quando ela sai em linha reta com relação a outro referencial.
- 228 **D:** Tá, entendi. Eu pensava isso, mas assim como a questão lá do Universo. Se ele já existe antes, se a força fictícia já existia mas eu nunca senti ela porque eu nunca estive acelerado, digamos.
- 229 **M:** Mas ela não existe. É só uma ((Pausa)) você chega a essa conclusão. Ó, você tá aqui (apontando para o desenho na lousa), podia não tá girando. Você tá parado aqui, então, não existe isso. Agora, você começa a girar, com a bolinha na mão, daí você solta a bolinha, quando você solta, o cara que tá aqui fora, não tá girando com você, tá parado com relação ao espaço absoluto. Ele vai ver a bolinha saindo em linha reta, pela tangente, e não vai mudar a velocidade. Mas você, como tá num referencial acelerado, não tá no mesmo referencial parado com relação ao espaço absoluto, então você vai ver essa bolinha se afastando de você, na radial, você vai indo e a bolinha vai fazendo isso aqui.
- 230 **D:** Uhum
- 231 **J:** Quase a mesma coisa do avião, não é? Você joga um objeto do avião e fica na Terra, ela faz um tipo de trajetória e quem tá dentro do avião ((Pausa))
- 232 **M:** Isso. Vê ela caindo reto.
- 233 **J:** Vê ela caindo reto.
- 234 **M:** É isso. Isso não é uma força, por isso que chama força fictícia, é só uma impressão, não uma força. Certo? Só que pessoal, enquanto tá preso aqui a bolinha sente uma força centrífuga também. Só que essa é real. Experimentalmente. Tem uma tendência dela fugir aqui na radial. Só uma tendência. Essa que é fictícia e essa é real (apontando para a lousa). Enquanto ela tá presa, ela fica tentando sair, que é a força de reação.
- 235 **N:** Qual é real?
- 236 **D:** Que é o quê?
- 237 **M:** Força de reação. Ó, vamos voltar. É meio complicado isso porque parece que tá no mesmo corpo né? Mas depois a gente vai discutir isso.
- 238 **D:** Ah, tá, tudo bem.
- 239 **M:** Lembrando que a força de reação é a força exercida de resistência, porque eu to tentando tirar o corpo do estado inercial, no círculo, é a mesma coisa, eu to tentando tirar o corpo ((Pausa)) ele queria ir em linha reta, só que eu to tentando tirar ele desse estado. Então a força centrífuga, é o que, é uma tendência do corpo se afastar do centro do movimento. Não se aproximar, aproximar é a força centrípeta. Que é necessária pra realizar o círculo. Só que quando eu to aplicando essa força centrípeta, você tá tentando tirar esse corpo do estado inercial dele, então surge a força de reação, de resistência, que é a força

centrífuga. Essa força sim é capaz de modificar o corpo, de fazer uma deformação nele. Pensa, se eu to girando com a bolinha na mão aqui, eu não vou sentir ela empurrando minha mão? Ela vai amassar minha mão, então, essa força é real. A outra força ali, que tá só simplesmente, que é só uma aparência, que eu to vendo a bolinha acelerada se afastando de mim, ela não deforma, não faz nada.

- 240 **R:** Ela não só deforma sua mão como sua mão também deforma ela.
- 241 **M:** Sim. Porque a minha mão também vai fazer força centrípeta né.
- 242 **R:** E ela também é causa de outra força. Ela causa outra força.
- 243 **M:** Ela quem?
- 244 **R:** A força centrífuga real.
- 245 **M:** Isso. Ela seria a reação.
- 246 **R:** Ela também causa uma reação.
- 247 **M:** Isso.
- 248 **R:** Ela é uma reação, mas ela também causa uma reação.
- 249 **M:** Também. Não, espera ((Pausa))
- 250 **R:** Ela é uma reação da força que puxa, e aí ela causa uma deformação na sua mão porque ela exerce uma força na sua mão. Sua mão também em resposta vai causar mais uma força.
- 251 **M:** Que é a centrípeta já de novo. Porque assim ((Pausa))
- 252 **R:** Aaah ta.
- 253 **M:** Porque assim, eu que to no referencial e minha mão que tá presa na bola, a minha mão que vai fazer a centrípeta. A parte da centrípeta né?
- 254 **R:** É.
- 255 **M:** Então, só pra vocês sentirem a diferença ((Pausa))
- 256 **R:** A centrípeta é reação da centrífuga?
- 257 **M:** Ao contrário.
- 258 **N:** A centrífuga é reação da centrípeta. ((Inaudível))
- 259 **R:** A centrífuga é a resposta.
- 260 **M:** Só pensar, pra fazer o círculo você precisa ter uma força puxando pro centro, essa é a centrípeta.
- 261 **R:** Essa é a centrípeta né.
- 262 **M:** Isso. Aí a reação, porque se você vai tentar puxar pro centro você vai tirando o corpo do estado de inércia, então vai surgir a centrífuga que é a reação.
- 263 **J:** Acontece por causa da centrípeta?
- 264 **M:** Ou por causa do movimento linear também, pode ser. Só que aí chama força de inércia no geral, não chama força centrífuga, centrífuga a gente chama mais porque é circular. Centrífuga é a fuga do centro, tá tentando fugir do centro. E no movimento linear você também poderia entender como a força centrífuga, só que a gente chama só de força de inércia quando em outros casos. Você tá empurrando ele, ele vai empurrar de volta, e vai fazer uma força inercial em mim, porque eu to tentando tirar ele do estado de inércia.
- 265 **R:** Então a força centrífuga também é uma força inercial.
- 266 **M:** Isso
- 267 **R:** Ah, ta.
- 268 **M:** É como a força de reação da terceira lei. (((Pausa))) V? N? Tá tudo bem? ((Pausa)))
- 269 **N:** O fato da centrífuga ser a reação da centrípeta é o que define que ela tem direção radial.
- 270 **M:** Também, porque sempre da terceira lei de Newton a ação é igual e oposta a reação, na mesma direção.
- 271 **N:** ((Inaudível))

- 272 **M:** Isso, por isso que é sempre radial. E também é detectado experimentalmente. Newton calculou várias vezes. Ele fez vários experimentos. Então, existem duas forças diferentes ((Pausa)) vocês querem falar alguma coisa?
- 273 **V:** Sim. A centrífuga, ela é ou é ((Risos)), uma reação à centrípeta?
- 274 **M:** Ela é. É real. Enquanto a bolinha está presa. Depois que ela é solta do círculo, ela sai em movimento inercial, acabou, porque pensa. A reação não só aparece quando eu to empurrando?
- 275 **V:** Sim.
- 276 **M:** Se eu parar de empurrar e ele foi, não tem mais a reação.
- 277 **V:** Já que, se for pensar assim, uma seria a reação da outra. Poderia acontecer assim, no caso, tem o movimento circular, você tá puxando pro centro ((Pausa)) quer dizer, tem um movimento em linha reta, você tá puxando pro centro, aí faz o movimento circular.
- 278 **M:** Uhum
- 279 **V:** Poderia acontecer o inverso? Eu puxá-la pra fora e ((Pausa))
- 280 **D:** Você não tem como puxar ((Pausa)) a corda nunca empurra.
- 281 **V:** Isso.
- 282 **D:** Entendeu?
- 283 **V:** Imagine que realiza-se a força centrífuga, eu to fazendo a centrífuga, ao mesmo tempo a corda estaria empurrando o corpo pra fazer o movimento circular.
- 284 **M:** É que a corda vai puxar né? O corpo que tá girando, ela que vai fazer a força centrípeta no corpo, em nenhum momento ela vai empurrar. Ela vai sentir uma tendência de fugir também, porque o corpo vai puxar ela pra fora. Ela vai tentar fugir também, também aparece uma força centrífuga na corda.
- 285 **N:** Uhum, justo.
- 286 **M:** Que é a tensão, é a tensão na corda. Se não tiver essa tensão a corda ((Pausa)) se fosse uma maior que a outra, essas duas forças, a corda iria arrebentar e se não tivesse ela iria conseguir puxar o corpo e iria diminuir sabe, não iria tensionar.
- 287 **V:** Sim ((Pausa))
- 288 **M:** Eu entendi sua pergunta?
- 289 **V:** Você respondeu vai ((Pausa))
- 290 **M:** Respondi?
- 291 **V:** É que ((Pausa))
- 292 **M:** Eu acho que não entendi mas eu expliquei o que você falou, sei lá ((Pausa)) ((Risos))
- 293 **V:** É que eu tava pensando assim, já que uma é ação e reação da outra, eu poderia realizar uma pra poder acontecer a outra. Por mais ((Pausa)) assim ((Pausa)) geralmente você puxa o corpo pro centro e aí ela realiza o movimento circular, vai ter a centrípeta e a reação seria a centrífuga ((Pausa))
- 294 **M:** Ah, usar essa reação pra fazer outro movimento ((Pausa))
- 295 **V:** Não, pra fazer o inverso. Eu fazer a reação pra poder ter a ação.
- 296 **M:** Então, é que pra poder ter a reação você precisa ter a ação primeiro né?
- 297 **V:** Sim.
- 298 **M:** Não tem como ter antes a reação.
- 299 **V:** Mas nem eu dizendo que ((Pausa)) é, tudo bem ((Pausa))
- 300 **M:** Porque assim, o corpo tá lá em estado de inércia, tá parado ou em movimento retilíneo uniforme, a reação só vai aparecer quando eu tentar tirar ele desse movimento. Quando eu tentar, eu vou ter que fazer uma força, então vai ter que ter uma ação primeiro.
- 301 **V:** Então a centrífuga ((Pausa)) então a minha pergunta era ((Pausa)) então a centrífuga só vai aparecer se tiver centrípeta.

- 302 **M:** Isso.
- 303 **V:** Eu nunca posso querer que ((Pausa))
- 304 **N:** Criar uma centrífuga antes da ((Pausa))
- 305 **V:** Não, o contrário, criar a centrípeta através da centrífuga.
- 306 ((Inaudível))
- 307 **M:** É que nem essa daqui, eu não posso fazer ele me empurrar primeiro sem eu empurrar ele.
- 308 **V:** Certo.
- 309 **M:** É que nem essa.
- 310 ((Inaudível)) ((Risos))
- 311 **M:** Bom, então existem dois tipos de força, a força inercial e a força externa, essas forças estão presentes apenas no movimento acelerado. “A força de inércia, para Newton, é tão real quanto a força exercida”. Então, essa força de reação, ela é real também. “E ambas não necessárias para explicar o movimento acelerado. Na ausência da força de inércia, mesmo a menor força exercida poderia comunicar a qualquer corpo uma aceleração infinita”. Que é o que a gente tava falando no começo. Então, se o corpo não tivesse massa, ele não resistisse, ele iria infinitamente. Bom, esse aqui é só pra vocês verem o enunciado da lei da inércia, o quatro, primeiro axioma, a lei do princípio da inércia. “Todo corpo que está em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta se não for compelido a modificar esse estado por forças exercidas sobre ele.” Só pra vocês verem como o Newton escreveu.
- 312 **O:** Se não aparecer uma aceleração.
- 313 **M:** Uma força externa sobre ele.
- 314 **N:** M, isso continua valendo relativisticamente? Eu sei que não tem a ver agora, mas ((Pausa))
- 315 **M:** Relatividade restrita ou geral?
- 316 **N:** Não sei, tem uma que vale e outra que não vale?
- 317 **M:** Então, porque assim, a restrita ela só vai tratar de movimentos inerciais, ela só vai conseguir explicar movimento não acelerado. Então não fala de força. E a relatividade geral retira a força da explicação dela, explica de outra forma, todos os fenômenos ela tira a força e explica de outra forma. Que é através da curvatura do espaço-tempo lá. Ela tira a força da explicação. E aí que entra a discussão, força realmente é real ou não? Você consegue explicar os mesmos fenômenos com uma teoria melhor ainda, será que existe a força ou é uma coisa que a gente inventou, sabe?
- 318 ((Risos))
- 319 **V:** Uma dúvida em relação, uma invalida a outra?
- 320 ((Risos))
- 321 **V:** A relatividade invalida a mecânica? Ou o inverso?
- 322 **M:** Não, é outra visão de mundo. Ela explica mais fenômenos que a mecânica, mas não dá pra falar que é um caso sabe, que a mecânica é um caso particular.
- 323 **V:** Certo, a relatividade, ela não explica tudo ((Pausa))
- 324 **M:** Ah, ela não explica tudo ainda. Esse aparecimento da força centrífuga no referencial acelerado, ela não consegue relativizar, porque ela vai falar, ah, todo movimento tem que ser relativo, não tem essa de espaço absoluto. Tem que ser tudo com relação a outro corpo, eu tenho que conseguir medir o seu movimento independente do referencial que eu escolho, que negócio é esse, né? Só que aí, quando se trata do movimento circular, ela não consegue. Que aparece a força centrífuga e tem outros movimentos circulares que não aparece e aí começa. Isso explica qual que é verdadeiro ou não? Não dá.
- 325 **R:** Essa é o experimento do elevador do Einstein também?

- 326 **M:** Esse? Não.
- 327 **R:** De conseguir explicar a força centrífuga? Porque ele fala que não sabe se tem alguém puxando ou se sou eu que to girando pra baixo.
- 328 **M:** Eu acho que tem a ver, mas não é exatamente isso. Do elevador eu nem uso pra falar isso, eu uso só pra mostrar que a aceleração é equivalente a gravidade. Quando eu falo dele. Mas depois eu, se quiserem depois quando a gente acabar.
- 329 **R:** Uhum. Esse é tipo o do balde né, ele é puramente mental também.
- 330 **M:** É. Bom, e aí, só ((Pausa)) as definições de Newton. Então ele vai falar que o espaço é absoluto, ou seja, é uma entidade independente da matéria, ela existe e ((Pausa)) porque que ele quer, começa a definir isso? Não é que ele acredita que nem o Fel lá, ah eu acredito e pronto. É porque se ele fizer dessa forma, ele consegue explicar o movimento verdadeiro. Que de outra forma ele não conseguiria. Então não é assim, ah, eu acredito que o espaço é absoluto e pronto e acabou vou fazer minha teoria e já era. Ele fala assim ó, o espaço tem que ser absoluto pra eu conseguir explicar os movimentos verdadeiros. Pra eu dizer que existe movimento verdadeiro e pra conseguir diferenciar. Então ele fala que o espaço é absoluto, o tempo também ((Pausa)) ó, lembra pessoal, que a gente sempre tá falando de espaço, espaço, mas o movimento depende igualmente do tempo, tanto do espaço quanto do tempo. E tudo que a gente falar pro espaço também vale pro tempo. É que pra Newton eles são entidades separadas da matéria, e independentes ((Pausa))
- 331 **N:** O espaço e o tempo?
- 332 **M:** O espaço e o tempo. Só que Newton ainda não veio junto como na relatividade, veio separado, mas são totalmente dependentes, porque o tempo você mede como uma variação do movimento no espaço, dependendo da sua concepção de espaço, sua concepção de tempo também varia. Né? Você sempre mede o tempo, por exemplo, um ano é a volta da Terra em torno do Sol, o que é isso? É movimento. Né?
- 333 **N:** ((Inaudível)) e muda o tempo ((Pausa))
- 334 **M:** É, e muda o tempo.
- 335 **N:** Justo.
- 336 **M:** Bom, então ó, o cinco agora. O tempo, absoluto, verdadeiro e matemático, e aí, tem só uma pequena diferença da definição matemática, porque ele considera que ele existe realmente, não é só matemática né. Então por isso que ele acredita que é absoluto, verdadeiro e matemático. Tem as propriedades da matemática. Conhecida até então pela geometria euclidiana. (((Pausa))) Bom, “o tempo absoluto, verdadeiro e matemático em si mesmo e por sua própria natureza flui de maneira igual sem relação com o que quer que seja de externo”. Então pra Newton existia um tempo verdadeiro que é independente de um movimento sabe. Porque assim um ano a gente mede com o movimento da Terra, um mês a Lua, o pêndulo, o relógio.
- 337 **N:** Mas aquele tempo, independentemente do que a gente vai comparar nele, continua existindo, continuaria passando.
- 338 **M:** Isso, pro Newton. Ele não consegue detectar, mas ele ((Pausa)) isso é uma crença dele. Não consegue detectar. Mas, ele vai falar que ele existe porque existe o espaço absoluto e o espaço absoluto, ele consegue demonstrar, ele não fala nada sobre o tempo. De demonstração nada, mas ele consegue achar um argumento pra falar que mesmo sendo independente das coisas, porque teoricamente a gente não conseguiria identificar o espaço. Se ele é independente das coisas, é invisível e todo igual, né? Todo homogêneo, como que eu vou medir isso? Não dá. Mas aí ele acha um argumento né. Eu já fou falar ((Pausa)) o espaço absoluto ((Pausa))

- 339 **N:** É o balde?
- 340 **M:** É o balde.
- 341 ((Risos))
- 342 **N:** Não é possível ((Pausa)) ((Risos))
- 343 **M:** É bem famoso esse experimento do balde. (((Pausa))) Olha M, já passou uma hora, se você não falar desse balde eu vou te seguir até em casa.
- 344 ((Risos))
- 345 **M:** Não, espera, você tá conseguindo acompanhar?
- 346 **V:** Mas, esse espaço é uma suposição nossa, não é?
- 347 **M:** É.
- 348 **V:** Ah, ta.
- 349 **M:** O problema é que ele é muito útil pra explicar o que a gente observa, é aí que tá ((Pausa)) se não servisse pra nada, falaria ah não existe! É só uma ilusão! Mas quando começa a acreditar que existe é porque é assim e se não for assim não dá pra explicar esse movimento. Aí que entra, se é verdadeiro ou não. Mas, como assim? Não dá pra ver o negócio. Não dá pra detectar, porque que existe? Ah porque serve pra explicar alguma coisa. Ah, mas só porque serve significa que existe? Aí esse debate não tem fim, porque você não consegue no fundo detectar o espaço. Só os efeitos, os movimentos e as explicações que você consegue ((Pausa))
- 350 **V:** Existe algum tipo de teoria, alguma coisa assim que ((Pausa)) há maneiras de detectar o espaço?
- 351 **M:** Não. De detectar o espaço eu acho que logicamente não dá pra detectar, mas existem ((Pausa)) pode detectar os efeitos. Por exemplo, a força centrífuga é explicada como a causa sendo o espaço. É uma causa do espaço, é o espaço que aplica essa força centrífuga porque você tá tentando tirar um corpo do estado inercial. Só tem assim, ah, vamos definir o critério de verdade como sendo esse. Ah, o critério de verdade é quando eu consigo identificar a causa, o efeito daquilo. Agora, que alguém tenha falado, ah tem um jeito de detectar o espaço, não. Sempre com relação a um movimento, a alguma coisa. Diretamente espaço, fazer uma medida dele, acho que ninguém nunca chegou. Já pensaram, mas logicamente rapidinho você já chega á conclusão de que não dá.
- 352 **V:** Uhum
- 353 **M:** Bom, “O espaço é absoluto por sua própria natureza” ((Pausa))
- 354 **N:** Se você tirar toda a massa, a gente ((Pausa)) sabe, tipo aquele lance de se o espaço é independente da massa ou não? Se ele é absoluto ou não?
- 355 **M:** Nesse sentido. Quem não veio da outra vez? É que tem vários sentidos que você pode falar que o espaço é absoluto ou relativo. Um sentido é que se ele depende ou não da matéria. Se ele existe dependente da matéria, então ele é relativo, ele é relativo à matéria. Agora, se ele existe independente da matéria, ele é absoluto. Esse é um sentido. Existem outros, por exemplo, se o espaço, ele é deformado ou não, se ele é deformado, então ele é relativo, se ele não é, ele é absoluto. Aí depois quem não ganhou aquela folhinha eu dou pra vocês. Fala ((Pausa))
- 356 **N:** Se você tirar toda a matéria, tipo ((Pausa)) porque dá pra fazer isso. É tipo criar um vácuo, certo? Da pra provar que ele é independente da matéria? Porque ali pode ser ocupado novamente.
- 357 **M:** Como você vai provar se você tirou tudo?
- 358 **N:** Porque pode ser ocupado novamente.
- 359 **M:** Mas você não vai tá mais lá. Se você tirar tudo, você tem que tirar você também.
- 360 **D:** Não, ele quis dizer tipo em laboratório. Não foi? Uma caixinha.

- 361 **N:** É, um copo. Aí você tira tudo o que tem dentro dele. Cria um vácuo. Certo? Você pode reocupar o copo. O espaço continua existindo.
- 362 **M:** Então, será que continua? Você só vai saber quando você colocar alguma coisa dentro. E se o espaço só aparece quando você coloca alguma coisa dentro? Não tem como você descobrir. Porque se ((Pausa)) é aquela questão do Descartes, o espaço é dependente da matéria e só existe porque existe a matéria. Então se você coloca o livro nesse espaço, nesse vácuo que você criou, e se o espaço surge na hora que você põe o livro? Como é que você vai descobrir? Se ele tava antes ou se ele existiu só quando você pôs o livro?
- 363 **V:** Ele fala que o espaço é dependente da matéria ((Pausa))
- 364 **M:** O Descartes.
- 365 **V:** E o inverso também é válido?
- 366 **M:** Independente?
- 367 **V:** Não, é que ((Pausa))
- 368 ((Inaudível))
- 369 **V:** Isso.
- 370 **M:** Pro Descartes é a mesma coisa, é a essência do corpo. Pra ele existir precisa ter o espaço. Precisa ter uma extensão e tamanho, então ele tem que ter o espaço.
- 371 **D:** Mas pensar assim é tipo roubar né? Porque por exemplo, a gente tá aqui, mas como é que eu sei que lá fora tem um espaço pra eu sair? Que quando eu abrio a porta não vou cair num vão infinito? Não, eu brisando assim ((Pausa))
- 372 **M:** Não, você pode cair, mas vai ser o espaço caindo com você, entendeu? Que você criou ali. Você vai abrindo o seu espaço. Que tá preso a você. Ele tá roubando. ((Risos)) O Newton vai separar isso, ele vai falar, não, o espaço não depende da matéria, ele existe, que explica mais fenômenos do que o Descartes. Então começa ((Pausa))
- 373 **D:** E como é que o Newton explicou isso?
- 374 **M:** É o balde. ((Risos))
- 375 **J:** Ai meu Deus! ((Risos))
- 376 **V:** Fizemos tudo isso pra chegar num balde! ((Risos))
- 377 **D:** Quero ver se o balde é tudo isso mesmo. ((Risos))
- 378 **M:** Vamos só ver as definições do Newton né, tempo absoluto independente das coisas, o espaço também absoluto por sua própria natureza, sem relação com o que quer que seja de externo. “Permanece sempre semelhante e imóvel. O espaço relativo é uma dimensão móvel ou medida dos espaços absolutos”. Ó, pro Newton, vai existir o espaço relativo também, não é que vai existir, mas o espaço relativo ele é aquele que você mede com relação a algum referencial. Lembra que a gente tava falando no começo, que se eu to girando em volta do N e eu meço o N com relação ao espaço que tá em mim, eu vou pensar que ele tá mudando de lugar. Esse pro Newton é o espaço relativo. Só que ele vai falar: esse espaço relativo é só uma impressão, não é, não existe, o que existe é o absoluto. Mas existem movimentos relativos na mecânica newtoniana, que é o que, movimento relativo a um referencial material.
- 379 **N:** Então, qual é o ((Inaudível))
- 380 **M:** Qual que tá na lousa?
- 381 **N:** O movimento relativo do B.
- 382 **M:** É, os dois no caso. Um é com relação ao corpinho ali, e o outro é com relação ao que tá girando.
- 383 **N:** Então o movimento relativo seria aquele que parece que é radial.
- 384 **M:** Não, o movimento relativo é quando você mede com relação a algum corpo.
- 385 **N:** Ah sim, certo.

- 386 **M:** A qualquer um. E aí ele vai falar, esses movimentos são totalmente aparentes, são medidas de movimento relativo e espaço relativo, mas eles são só aparentes, os verdadeiros mesmo de fato são os absolutos, que é a mudança de lugar no espaço absoluto, tudo bem? Você tem o espaço lá, aí tem o corpo, aí ele muda de lugar, o lugar é aquela região que o corpo ocupa, aí ele mudou, só dá pra explicar com relação ao espaço absoluto, porque se for cada hora que você pega um referencial você considerar um espaço parado ali, esse lugar percebe que vai mudando? Tem que pensar bastante gente ((Pausa)) ((Risos)). Foi? Por exemplo né, se, vamos supor, que o Sol tá parado e a Terra tá girando, se eu to na Terra e eu vejo um objeto parado com relação a Terra, eu não vou ver esse objeto girando. Então ele não tá mudando de lugar. Mas na verdade ele tá. Ele tá mudando de lugar no espaço absoluto, só que no meu espaço aqui da Terra, porque quando eu to na Terra eu penso que eu sou o centro né, do Universo ((Pausa)) ((Risos))
- 387 **N:** Se você colocar o referencial num lugar absoluto, ele está em movimento. Só que se você colocar ele ((Pausa))
- 388 **M:** Não, volta ((Pausa))
- 389 **N:** Relativa, que no caso ((Pausa))
- 390 **M:** Volta, que eu perdi o raciocínio, por favor.
- 391 **N:** Você falou que, por exemplo, eu e a J, a J tá parada em relação a mim, certo? Só que em relação ao Sol, ela tá se movendo. Então, relativo a mim ela tá parada, que é o movimento relativo. Só que absoluto, que é em relação ao Sol vai ((Pausa))
- 392 **M:** O absoluto seria ao espaço.
- 393 **D:** Com relação ao espaço.
- 394 **M:** Ao espaço.
- 395 **N:** É, então.
- 396 **M:** Aí, se o Sol tiver parado com relação ao espaço aí eu posso fazer em relação ao Sol, que aí vai dar certo. Até deve.
- 397 **N:** É, então, foi isso que eu queria colocar, é que era a próxima coisa que eu ia falar. Finge que o Sol tá parado em relação a mim.
- 398 **M:** É, é isso que é ser relativo. (silêncio). Bom ((Pausa))
- 399 **V:** Ele tocou no assunto assim, geralmente fala assim, a Terra tá girando em relação ao Sol, o Sol tá girando em relação a, sei lá, a uma outra galáxia.
- 400 **M:** Ao centro da galáxia.
- 401 **V:** A galáxia tá girando em relação a outra coisa, qual foi o máximo assim, alguma coisa gigantesca que tá girando em alguma coisa que eu não sei o que que é.
- 402 **M:** Essa é uma pergunta sem resposta, se você pensar só cinematicamente. Qual é o referencial verdadeiro?
- 403 **V:** O que seria?
- 404 **N:** Seria ((Pausa)) eu ouvi alguma coisa sobre isso, seria, tipo, presta atenção. O que que tá girando em relação ao que nesses movimentos naturais, é uma ((Pausa))
- 405 **M:** Pera aí, o que que é movimento natural?
- 406 **N:** Eu to chamando de movimento natural esses movimentos gravitacionais.
- 407 **M:** Cuidado que o natural que a gente tá falando sempre, que é o inercial né, que não tem força nenhuma.
- 408 **N:** É, então, eu to falando desses gravitacionais. Sempre aquilo que tem menos massa, pelo menos tudo que a gente observa, aquilo que é mais ((Pausa)) menos denso gira em torno daquilo que é mais denso.
- 409 **V:** Uhum ((Pausa))
- 410 **N:** Então, em teoria, todas as coisas que existem, por mais que elas girem em volta de outras

- coisas, como o todo tá girando em volta da coisa que é mais densa de tudo, sabe?
- 411 **M:** Então, mas na verdade não dá pra saber né, porque se você se posiciona na Terra, você pode explicar o Universo inteiro girando em volta da Terra. Você pode explicar.
- 412 **N:** Mas então, é como se você conseguisse ver tudo, sabe.
- 413 **M:** Se você fosse um Deus que tá olhando tudo.
- 414 **N:** É, sabe tipo um ((Inaudível)).
- 415 **M:** É, aí o problema é que, como é que você vai fazer uma teoria explicando que tem ((Pausa))
- 416 **N:** Então, aí tem, o lance é que tipo, você acaba tratando isso como o centro de massa. Você vai pegando objetozinhos, tipo, você pega dois objetozinhos, eu e a J. ((Risos)). Quem tá girando? Beleza. Aí você pega o centro de massa entre eu e a T e faz um centro de massa de mim e da Daniele com relação ao R, aí você percebe que depois vai virar um terceiro centro de massa? Que já envolve três centros?
- 417 **M:** Isso aí já é depois que o Newton postula as coisas, por enquanto ((Pausa))
- 418 **N:** É, eu disse ((Pausa))
- 419 **M:** Espera o balde. ((Risos)).
- 420 **N:** Se você for fazendo vários centros de massa, você acaba chegando no objeto que é mais denso.
- 421 **M:** É, que é da definição.
- 422 **N:** Que é a coisa mais densa que existe.
- 423 **R:** Faz uma integral. Pegar um mapa do Universo e integrar e achar o centro de massa.
- 424 **M:** Tem que achar todo mundo einh!
- 425 **N:** Ou seja, você tem que literalmente ((Inaudível)) o Universo.
- 426 **V:** Mas não necessariamente seria a coisa mais densa.
- 427 **N:** A última coisa que você relacionaria, tipo, se você fosse pegando de menos densos até os mais densos, a última coisa que você pegaria seria a coisa mais densa.
- 428 **V:** Ah, sim.
- 429 **N:** ((Pausa))em torno da qual tudo gira.
- 430 **J:** Um buraco negro gigante.
- 431 **N:** É, e é muito legal porque tipo, isso explica, isso tem a ver, uma parte que explica assim, imagina dois buracos negros, qual buraco negro gira em torno do buraco ((Pausa)) do outro. O buraco negro que for mais denso ((Pausa))
- 432 **M:** mais negro! ((Risos))
- 433 **N:** E aí ele gira em torno desse.
- 434 **M:** Continuando. E a definição de movimento absoluto pro Newton é o deslocamento de um corpo de um lugar absoluto para outro. E o movimento relativo é de um lugar relativo para outro. Tá? Certo? Agora vem o balde!
- 435 ((Risos))
- 436 **O:** Aeeee!
- 437 **M:** Só recapitulando, vocês conseguiram perceber que se um corpo não tem massa, não tem como ele ter força de inércia, não tem como ele ter inércia também, não tem como ele resistir.
- 438 **V:** Não tem como ele ser definido.
- 439 **M:** É, e ele ((Pausa)) é, mas o fóton por exemplo não tem massa ((Pausa)) mas não é questão pra agora né? Mas ele existe. ((Risos)). Mas vamos nos limitar aqui.
- 440 ((Risos))
- 441 **M:** Bom, aí o Newton falou assim, o Newton não era besta né, ele vai lá e fala, não, eu sei

que o pessoal vai me criticar porque eu to escolhendo o espaço, um negócio, que existe independente das coisas, que é invisível, homogêneo em todas as partes, ou seja, não dá pra ver. Eu sei que vão me criticar, mas ele vai falar assim, não, mas calma aí, dá pra identificar o espaço.

442 **O:** ((Risos))

443 **M:** Dá pra usar um argumento aqui, eu sei que é difícil achar o movimento absoluto, é muito difícil, porque como que eu vou saber quando que um corpo tá se movendo com relação ao espaço se eu não consigo achar o espaço? Nem o tempo absoluto.

444 ((Inaudível))

445 **M:** Aí ele fala, não mas tem um jeito, ele escreve assim: “mas podemos distinguir o repouso do movimento absoluto e relativo”, é no sei tá?, “com a ajuda de suas propriedades, causas e efeitos”.

446 ((gravação interrompida por motivos externos))

447 **M:** Bom, vamos continuar, se não não vai dar tempo de falar do balde. É, então Newton vai falar que ele vai conseguir diferenciar movimento e repouso de movimento diferente do repouso, retilíneo uniforme, se você analisar as propriedades do movimento e os efeitos, você vai conseguir dizer qual que é relativo, qual que não é, vocês sabem qual é o efeito que surge? Depois que a gente falou aqui qual seria o efeito que surge de um movimento? Sabe, não é causa, é efeito. Porque tem aquele movimento que tem um efeito.

425 **V:** Não entendi qual é a pergunta.

426 **M:** Por exemplo, causa de um movimento é uma força, certo? Faço uma força e isso é a causa do movimento. Que tipo de coisa que é efeito do movimento? Sabe? Não é causa? É efeito.

427 **N:** Deformação ((Pausa))

428 **O:** Que tipo de movimento?

429 **N:** É ((Pausa)) variação no espaço.

430 **O:** Aceleração.

431 **M:** Tem mais uma coisa.

432 **D:** Calor?

433 **M:** E a força, e a força de inércia?

433 **N:** É, então, eu ia falar isso, só que você disse que não é força.

434 **M:** Não é causa.

435 ((Risos))

436 **M:** Não, eu não falei que não é uma força, eu falei, essa é uma força. Que é uma causa. Tá, posso ter induzido ((Pausa)) enfim, mas a força de inércia é um efeito.

437 **O:** Aí tem a reação.

438 ((Inaudível)).

439 **M:** É, sempre um efeito do movimento. Bom, “as causas pelas quais os movimentos verdadeiros e relativos distinguem-se uns dos outros são as forças imprimidas sobre os corpos para produzir movimento”. O movimento relativo é diferente do absoluto por quê? Porque um movimento acelerado absoluto, por exemplo, ele tem como causa, uma força. Só que só isso, só a causa, não é suficiente pra explicar qual dos movimentos é verdadeiro. Vocês percebem por quê? Só a causa ((Pausa)) porque se você tem duas forças juntas e aqui dois corpos com a mesma força, eu vou pensar que ele tá parado, eu não consigo diferenciar, qual que tá, se a gente tá se movendo ou não. Certo? Então só a causa não é necessária, isso que quer dizer essa frase aqui. “O movimento verdadeiro não

é produzido nem alterado a não ser por uma força imprimida sobre o corpo movido, mas o movimento relativo pode ser produzido ou modificado sem que se exerça nenhuma força sobre o corpo”. Que é aquele exemplo que eu dei antes. E, se o tá parado, e tão aplicando uma força em mim pra lá, eu posso entender que ele tá se movendo, tá acelerado sem força nenhuma. Então, é um movimento simplesmente relativo. É isso que ele tá querendo dizer aqui. O movimento relativo pode ser alterado sem aplicar força. Certo? Ou não? Oi?

440 **D:** Me dá um exemplo.

441 **M:** É esse do ((Pausa)) se você faz uma força em mim, eu vou acelerar pra lá.

442 **D:** Hum.

443 **M:** Mas se eu to olhando pro R, eu vou ver o R acelerando. Ou seja, o movimento dele tá mudando sem nenhuma força.

444 **D:** Ah sim, entendi.

445 **M:** Bom, “os efeitos que distinguem o movimento absoluto do movimento relativo são as forças de distanciamento do eixo do movimento circular”. Lembra que tudo começou porque ele queria explicar porque diabos, quando você tem movimento circular, existe uma força de distanciamento do eixo. Por que que o corpo tenta fugir. E aí ele pensando em tudo isso chegou na conclusão de que é essa força que vai diferenciar o movimento absoluto do verdadeiro. “Não existem tais forças em um movimento circular puramente relativo”. Vamos pro balde que aí vocês vão entender.

446 **O:** Eeeeeeeeeee!

447 ((Risos))

448 **M:** Aí vocês não acham graça no balde e vão me matar. ((Risos)). Bom, imaginem um balde. É um experimento mental. Imaginem um balde, amarrado numa corda, arrama sei lá, onde, pede pra alguém segurar ((Pausa)) ((Risos)). Ele tá amarrado numa corda e tá pendurado.

449 ((Desenho do balde é feito na lousa))

450 **M:** É, não precisa imaginar com um desenho tão bom, né? ((Risos))

Bom, vocês imaginaram um balde com água e amarrado numa corda. Aí você vai girar esse balde até torcer a corda inteira.

451 ((Inaudível))

452 **V:** O vento gira ((Pausa))

453 **M:** Torceu, para o balde de novo. Aí você solta o balde e deixa. O que vai acontecer?

454 **D:** Vai girar.

455 **N:** Ele vai sentir uma ((Pausa))

456 **M:** Vai voltar, certo? Mas no primeiro instante, assim que começa a girar, com que a água tá?

457 **D:** Parada.

458 **M:** Parada e a superfície dela é plana. Bem, essa é a primeira situação. Vou fazer sem a cordinha. O balde com a água parada. Primeira situação. Aí depois, quando começa a girar mais, o que vai acontecer?

459 **D:** Vai tentar ((Pausa))

460 **O:** Vai ((Pausa)) ((Inaudível))

461 **D:** Esqueci a palavra.

462 **M:** E ela vai fazer ((Pausa))

463 **D:** A curvinha.

464 **N:** Vai ficar, não sei. ((Risos)).

- 465 **M:** Ela vai ficar, vai fazer uma curva.
- 466 **D:** Uma parábola.
- 467 **M:** Por que aparece uma força centrífuga a água vai tentar fugir do centro, eu to tentando tirar ela do estado de inércia. Então, na segunda situação, aqui o balde tá parado, a água tá parada, no instante inicial. Vou fazer três instantes tá? A hora que o balde começou a girar, tá no primeiro instante ainda. E a água não, certo? (Discussões inaudíveis entre os participantes).
- 468 ((Inaudível))
- 469 **D:** Uhum.
- 470 **M:** No segundo instante a água ainda tá plana, a superfície plana e o balde já tá girando. Na terceira situação vocês falaram que quando a água começar a girar também ela vai tentar fugir do centro. Vai formar aquela curvatura. Isso dá pra ver inclusive se você fizer em casa, ou na privada também ((Pausa)) ((Risos)).
- 471 ((Risos))
- 472 **R:** Quando o balde começa a girar a água não começa junto?
- 473 **R:** Então, instantaneamente, no começo, primeiro é o balde, depois vai transferindo o movimento pra água.
- 474 **N:** Mas, é que nem tipo, você pegar um copinho com água e fazer assim muito rápido, a água não se mexe. ((Inaudível)). Ela tende a ficar parada.
- 475 **M:** Bom, aqui o balde tá girando e a água também, certo? Quando o balde tá girando e a água também, que você vai perceber essa concavidade. Agora, você para o balde. Imediatamente quando você para o balde, o que que acontece com a água? Vai continuar em movimento, certo? O balde tá parado e a água ainda continua. O balde tá parado.
- 476 ((Inaudível))
- 477 **M:** Bom, qual que é o movimento relativo da água com o balde? Nessa segunda situação.
- 478 **N:** Parada.
- 479 **M:** Mas fala um valor aí.
- 480 **D:** Zero.
- 481 **M:** Então aqui o movimento relativo é zero. Aqui, é o máximo que dá. Em vez de zero, é o máximo que dá. Vocês concordam que aqui a água vai alcançando o balde e vai chegar uma hora que o movimento relativo vai ser nulo também. Os dois vão tá girando. O movimento do balde com relação a água vai ser igual. Certo? Então aqui, qual que é o movimento relativo? É o máximo. O máximo que dá. O balde tá girando e a água ainda tá parada. A água tá alcançando e qual que é o movimento relativo?
- 482 **R:** Zero.
- 483 **V:** Zero também.
- 484 **N:** Porque ali é zero?
- 485 **M:** Esse aqui?
- 468 **N:** Não, o terceiro.
- 469 **M:** O terceiro? Por que que ele é zero?
- 470 **N:** A água já tá girando com a velocidade que o balde tá.
- 471 **M:** Isso.
- 472 **N:** Ah, então suave.
- 473 **M:** Se você olha do balde pra água, você consegue ver que a água tá parada.
- 474 **N:** Então não é em um instante qualquer que você pega, tem que ser no instante t igual a ((Pausa))
- 475 **M:** No instante máximo assim.

- 476 **D:** Na velocidade máxima da água.
- 477 **M:** É, o máximo que você consegue. E você deixa, você poderia, sei lá, colocar um motor e deixar o balde girando com a mesma velocidade sempre, aí vai chegar uma hora que a água vai alcançar e vai ficar, com movimento relativo entre os dois zero. Só que tem um negócio esquisito, que você observa uma curvatura. A água tá parada, mas ela tá curva. E o quarto movimento, qual que é o movimento relativo entre a água e o balde?
- 478 **D:** É um máximo invertido né.
- 479 **M:** Seria ((Pausa))
- 480 **D:** Menos máximo.
- 481 ((Risos))
- 482 **M:** Bom, porque aqui a água tá girando com o máximo de velocidade que a gente deu pra ela. Eu parei o balde, ao contrário dessa situação aqui.
- 483 **N:** E o balde ((Pausa)) ((Inaudível)).
- 484 **M:** Certo? Todo mundo até aí? H, tá quietinho ((Pausa))
- 485 ((Risos))
- 486 **M:** Bom, aí o que Newton falou? Ele usou esse argumento pra falar o seguinte. Primeiro, ele queria explicar porque que aparece a força centrífuga. Aí, ele fala o seguinte. O movimento não pode ser relativo, porque nessa situação o movimento relativo aqui é zero, nessa situação também o movimento relativo também é zero. E tem coisas diferentes aqui, acontecendo. Aqui, eu vejo a água fazendo uma curva, e aqui o movimento relativo é o mesmo, é nulo também. E eu vejo uma curva. Então o movimento relativo simplesmente não pode explicar o movimento, conseguiram entender a sacada dele?
- 487 **O:** Uhum.
- 488 **M:** Porque assim, tem aquela questão, o movimento é relativo, tem que ser com relação ((Pausa))
- 489 ((interrupção externa))
- 490 **M:** Bom, o movimento, tem aquela briga. Será que o movimento é com relação a outro corpo. Ah, tem que ser, porque é assim que a gente mede, certo? Aí, Newton vai falar. Meu, eu tenho dois movimentos com relação aos mesmos corpos, exatamente o mesmo movimento, ou seja, nulo, e eu tenho efeitos diferentes.
- 491 **D:** Eu não posso pensar, tipo, o que é ou não é intensidade no movimento relativo? Só o valor? Porque o movimento em si não é igual.
- 492 **M:** Então, mas como é que você sabe? Imagine que só tem o balde e a água, como é que você vai saber que o movimento, quem tá girando ou não, se você só mede com relação a outro corpo? Eu sou a água e você é o balde, sempre to vendo você na mesma posição com relação a mim. Então você tá parado e eu também.
- 493 **D:** Em tudo. Na intensidade, no ((Pausa)), em todos os sentidos que a gente pode imaginar.
- 494 **M:** É que ((Pausa)) o que é intensidade pra você?
- 495 **D:** Um valor, por exemplo, zero, cinco, duzentos.
- 496 **M:** Não importa, se for pra você duzentos, pra mim também vai ser. Porque a gente tá parado com relação ao outro.
- 497 **D:** Hum ((Pausa))
- 498 **M:** Mas na verdade vai ser zero, porque se eu ponho o referencial em mim, na água, eu to parada. Então é zero. Você também tá parado.
- 499 **D:** Uhum ((Pausa))
- 500 **M:** Só se tivesse alguém de fora e falasse que é duzentos.

- 501 ((Inaudível))
- 502 **M:** Bom, então ele fala o seguinte. Pra explicar esse aparecimento da força centrífuga aqui, não dá pra ser com relação a outro corpo. O movimento não pode ser com relação ao balde, porque se não, eu não consigo explicar duas situações diferentes. Aqui também, a mesma coisa, o movimento relativo entre eles é igual também, só que não é zero. É eu girando em volta do N. ((Risos)). Só que acontecem coisas diferentes, então, o movimento não pode ser relativo ao corpo. Aí pode vir o cara chato e falar, ah, não é com relação ao balde, mas é com relação à Terra. ((Risos))
- 503 ((Risos))
- 504 **M:** Aí, aqui, com relação ao balde vocês já viram que não dá. A questão é, mas será que ((Pausa)) lembrando lá do movimento verdadeiro, se existe ou não ((Pausa)) só voltando aqui né, se você tá aqui no balde, o que que você vê? Como você vê a água?
- 505 **N:** Parada.
- 506 **D:** Indo contra o teu centro de ((Pausa))
- 507 **M:** Não, esse aqui. Você não sabe que você tá girando.
- 508 **D:** Ah, você não sabe que está girando?
- 509 **M:** Você pensa que tá parado, né?
- 510 **D:** Então você vê a água girando.
- 511 **M:** Você vê a água girando. Certo?
- 512 **N:** Mas você não tá girando junto com a água?
- 513 **M:** Se eu to só no balde, eu vejo a água girando. Porque aqui a água tá parada, certo? E eu to no balde e vejo a água girando. Só que eu sei ((Pausa))
- 514 **N:** Você ta com um movimento em relação ao balde ((Pausa))
- 515 **J:** Ela tá no balde.
- 516 **M:** Eu to no balde.
- 517 **N:** Você tá no balde. Você é um balde.
- 518 **M:** Eu sou um balde com olhos ((Risos)).
- 519 **N:** Você tá girando numa velocidade. A água tá girando na mesma velocidade.
- 520 **M:** Nessa segunda situação, ela tá parada ainda.
- 521 **R:** É no primeiro momento lá ((Pausa))
- 522 **N:** Ah, não, é verdade.
- 523 **M:** Ela ta parada ((Pausa))
- 524 **N:** Ah não, já era!
- 525 **M:** Mas se eu estou no referencial do balde, eu vejo a água girando, só que como eu sei que esse movimento não é o verdadeiro? Por que a água não tá curvada! Porque não apareceu força centrífuga. Então vai explicar assim ó, o movimento verdadeiro ((Pausa))
- 526 ((Risos))
- 527 **M:** Então, ele vai falar que o movimento verdadeiro é aquele que a força centrífuga aparece. É assim que você vai diferenciar. Nesse caso aqui, você tá vendo a água girando do seu referencial, mas não tá aparecendo uma força centrífuga, então você vai concluir que é você que tá girando. E aqui também, se eu to no balde, eu vou ver que a água fez assim, então eu vou falar, ah, isso aqui, a gente tá em repouso em relação a ela e apareceu a força centrífuga. Então a única explicação é que nós dois estamos girando. E a força centrífuga vai aparece no balde também. Eu vou sentir também uma tendência de sair do centro. Gostaram da explicação? ((Risos))
- 528 **D:** Então você chega, no três ali, você chega na conclusão, é que os dois estão girando

- porque, como é que é que você falou?
- 529 **M:** Porque apareceu uma força centrífuga.
- 530 **D:** E como é que eu sei que apareceu? Porque eu vi a água curvar.
- 531 **M:** Isso.
- 532 **D:** Além de eu ver a água curvar, eu vi, e a gente ((Pausa)) eu to vendo ela parada. Dois em um né?
- 533 **M:** Uhum ((Pausa)) E além disso, e se for o caso do trem, por exemplo. Eu to no trem aqui, o tá parado no solo. Aí eu freio. Eu vou sentir uma coisa pra frente. Pode ver pessoal, que a inércia, só não tem força depois que está em estado de inércia. Quando você tá tentando tirar do estado de inércia aparece a força. Nesse instante. Então, quando eu to freando vai aparecer sim uma força, que é tentando me fazer não sair do estado que eu estava. Então quando o trem frear, eu vou perceber essa força. A pessoa que tá no solo, eu vou ver a pessoa indo pra lá. Mas eu vou pensar assim, ela tá acelerando pra lá, mas ela não tá sentindo força, quem tá sentindo sou eu. Então eu to acelerando. Aí você poderia pensar assim, ah não, e se eu explicar assim: quando ela acelera eu sinto força? Sabe, pensar ao contrário. Mas não rola quando você pega outro trem, por exemplo, ou pega outro referencial que não tá parado e aí você não consegue explicar.
- 534 **N:** Quer dizer, os dois vão tá acelerados.
- 535 **M:** E aí, o movimento verdadeiro, qual que é? É aquele em que aparece a força centrífuga. E aí falta explicar, porque que surge essa força centrífuga? É com relação a quê o movimento verdadeiro? Não pode ser com relação ao balde. Porque a gente já viu que dois casos diferentes, não dá. Não dá pra explicar. Então vamos ver com relação à Terra. Aí tem um problema, Newton queria explicar as coisas, os mesmos efeitos com as mesmas causas, por exemplo, toda força centrífuga aparece por uma única causa. Dá pra falar a força centrífuga aparece num corpo por causa dessa causa, por causa disso, e nesse outro corpo por causa dessa outra coisa. Sabe, cada coisa ter uma explicação. Ele queria unificar. Se fosse com relação a Terra, como é que você explica a força centrífuga na Terra? Que ela é oval assim, ela tem aquela forma mais gordinha no equador, por causa da força centrífuga. Como é que você explica essa daí? Com relação a quê? Não pode ser com relação a Terra. Porque com relação a Terra ela tá parada. E também não pode ser a força peso, porque a força peso é pra baixo, ela não iria subir a água do balde. Então não pode ser a Terra. Também não pode ser nenhum outro planeta porque os corpos estão distribuídos homogeneamente, se a causa da força centrífuga fosse o restante do Universo, por exemplo, iria se anular, porque tá distribuído igualmente.
- 536 **N:** Sem contar que se você posicionasse o corpo, o seu balde, em outro lugar. Tipo, você tá fazendo o experimento aqui e você coloca o seu experimento muito mais longe, ele vai tá em posições diferentes em relação aos planetas. A força dos planetas sobre o seu experimento vai ser diferente nos dois casos e então você observaria fenômenos diferentes.
- 537 **M:** Muito bem! Muito bem! Então, aí o que ele vai dizer. Já que não dá pra explicar o aparecimento da força centrífuga com relação a nenhum outro corpo do Universo, então só pode ser com relação ao espaço absoluto.
- 538 **N:** Ou a ele mesmo!
- 539 **M:** A ele quem?
- 540 **N:** O corpo sobre o próprio corpo.
- 541 **M:** Então, aí não tem movimento né. Tá sempre parado, com relação a si mesmo. Como é que você iria explicar duas situações diferentes?

- 542 **N:** Porque se você pensar numa partezinha da água que tá girando num raio perto do centro, e outra que tá lá em cima, elas tem velocidade relativa. Porque a velocidade linear delas, não é V ?
- 543 **M:** Não, elas estão sempre na mesma.
- 544 **N:** A angular sim.
- 545 **M:** A angular sim, mas quando ((Pausa))
- 546 **N:** Ah, a angular sim, a linear não.
- 547 **M:** Então, mas como a as duas vão tá assim, a não ser que você meça esse movimento da partezinha da ponta com relação a outra coisa, mas se você medir com relação a ela mesmo, vai ver sempre com a mesma distância.
- 548 **N:** Ah, tá certo, tá certo. Por causa da angular.
- 549 **M:** É. Bom, aí, vocês entenderam a necessidade de existir o espaço absoluto pra mecânica clássica? Se eu não consigo explicar o movimento, o movimento não pode ser relativo, o verdadeiro. Porque eu não consigo explicar com relação a outro corpo. A nenhum outro corpo. Essa força centrífuga, eu não consigo explicar. Então só pode ser com relação ao espaço absoluto. E aí que vem aquilo da força de reação ter a sua causa no espaço absoluto. O que causa essa força é o espaço absoluto. Se eu tirar o corpo do estado de inércia, que seria o estado dele natural, e aí o espaço vai fazer uma força de resistência, que é a reação, no caso, a força de reação da terceira lei de Newton, ou a força centrífuga que também faz parte da terceira lei de Newton, que vai aparecer, é como se o espaço fizesse essa força. É a explicação que ele dá, não tem outra pra esse caso. Vocês conseguem imaginar outra?
- 550 **V:** Isso foi Newton que ((Pausa))
- 551 **M:** Foi Newton, tá no escólio também. Aí ele usou isso como argumento, tem outro argumento também, que é dos dois globos. Que é assim, que eu até perguntei pra vocês no primeiro dia. Você tem dois globos ligados por uma corda, e aí você coloca pra girar, lembra que eu perguntei como é que você sabe se um corpo tá se movendo num espaço vazio? E aí a gente chegou à conclusão de que não dava pra fazer isso porque sempre se mede um movimento com relação a um outro corpo? E se você não tem outro corpo pra medir, você não vai conseguir se isso aí tá girando ou não.
- 552 **N:** Só que aí se você analisa qual dos dois tá sentido força centrífuga ((Pausa))
- 553 **M:** Então, nesse caso aqui tá girando junto né. O que você vai achar, vai ser uma tensão na corda. Como aparece essa tensão na corda, eu vou conseguir saber se o corpo tá girando ou não. Vai aparecer a força centrífuga. Se não aparecesse você sabe que o corpo não tá girando. E aí, vocês estão muito tristes?
- 554 ((Risos))
- 555 **M:** No próximo encontro eu vou mostrar as críticas a Newton, mas que não conseguiram resolver a questão da ((Pausa))
- 556 **D:** Até hoje. E o quarto, a quarta etapa do problema ali não tem nada de relevante?
- 557 **M:** Ah, tem, porque você pode usar esses dois também (segunda e quarta etapa) pra explicar.
- 558 **D:** E como que eu argumentaria?
- 559 **M:** Porque aqui, o movimento relativo é o mesmo né? Embora não seja nulo ((Pausa))
- 560 **D:** O mesmo, mesmo, é o mesmo.
- 561 **M:** É o mesmo. Se for duzentos aqui, é duzentos aqui também. O valor é o mesmo. O movimento relativo entre eles é o mesmo. E você observa coisas diferentes na água. Uma tá plana e a outra tá curva.
- 562 **D:** Hum ((Pausa))

- 563 **R:** É porque assim, o máximo, poderia ser máximo e máximo.
- 564 **M:** Vamos como é esse máximo? Eu acho que é máximo e máximo. Mas vamos ver. É o caso de eu e do N. Eu girando em volta do N, ele tá me vendo girar assim né? Tem que olhar de cima pra ver se a gente gira igual ou não. Ele tá aqui, sei lá ((Pausa))
- 565 **N:** Eu acho que os dois são velocidade máxima.
- 566 **M:** É, acho que os dois são máximos. Da direita pra esquerda ((Pausa))
- 567 **N:** Porque de qualquer jeito vai, por exemplo, você adota o referencial ((Pausa))
- 568 **R:** Em módulo é máximo.
- 569 **N:** Adota um referencial horário vai, finge que é horário. Você olhando por cima é horário, quando os dois tiverem girando juntos, eles vão tá parados. Quando um tiver girando e o outro não, por exemplo, o balde vai tá girando no máximo e a água vai tá parada. Ele vai tá girando em que sentido? Horário. Então é máximo. Vamos definir isso como máximo. Agora passa pra próxima situação, quando a água começa a girar. Você pára o balde. A água vai tá girando pra que lado?
- 570 **M:** Horário também.
- 571 **N:** Continua sendo horário. Então o movimento é o mesmo.
- 572 **M:** Então o movimento é o mesmo. Então é máximo mesmo, não menos máximo.
- 573 **N:** E não mesmo máximo.
- 574 **M:** Então é realmente o mesmo movimento. Nos dois casos ali, no primeiro e no terceiro, é nulo. E no segundo e no quarto, é o máximo. E os dois movimentos são o mesmo, relativamente falando, e acontecem fenômenos diferentes.
- 575 **D:** E portanto ((Pausa))
- 576 **N:** Então dá pra provar ((Pausa))
- 577 **M:** Portanto não pode ser com relação ao balde, o movimento relativo da água com o balde. A pergunta é: será que é com relação a outro corpo esse movimento?
- 578 **D:** Ham ((Pausa))
- 579 **M:** Aí vai tentando. É a Terra? Não.
- 580 **D:** E qual que é?
- 581 **M:** Então é o espaço. Não tem outro corpo que você consiga fazer essa diferenciação, explicar essa diferença. O mesmo movimento relativo vai acontecer outra coisa.
- 582 **D:** E com relação ao espaço não aconteceria.
- 583 **M:** Se você fala que é com relação ao espaço, você vai dizer que esse movimento aí é o verdadeiro. É o que tá mudando de lugar no espaço, porque assim. Movimento não é mudança de lugar no espaço?
- 584 **D:** Hum ((Pausa))
- 585 **M:** E, a gente tava discutindo se esse espaço era com relação a um referencial ou com relação ao espaço absoluto. Com relação ao corpo ou com relação ao espaço absoluto. E aí, quando você chega a conclusão de que, você precisa medir o movimento com relação a algum referencial, certo? Só que ele tá dizendo pra gente que não é com relação a qualquer referencial. Porque com relação ao balde não dá certo, com relação à Terra não dá certo, com relação ((Pausa)) não dá certo com os corpos materiais. Então, só pode existir um referencial privilegiado, que seria o espaço absoluto. Ele postula. Ele poderia inventar, ah, em vez de existir o espaço absoluto existe um corpo ((Pausa))
- 586 **R:** Isso que é o éter?
- 587 **M:** Existe um corpo gigante, muito longe daqui, que está parado e é com relação a ele que os movimentos ocorrem. Eu poderia inventar um corpo, mas isso é mais difícil do que

- inventar o espaço absoluto. Eu teria que dizer quais são as propriedades desse corpo, porque que ele faz uma força centrífuga. E com relação ao espaço eu posso simplesmente dizer que eu to tentando tirar o corpo do estado de inércia.
- 588 **N:** E seria ineficiente de provar a centrífuga, porque seria parecido com o negócio que eu falei, a centrífuga mudaria conforme a distância que você tá desse objeto místico.
- 589 **M:** E aí você percebe porque ((Pausa))
- 590 **N:** É tipo, você acredita nesse troço enorme que tá parado. Se você colocar o balde igual, girando perto dele, vai ter um efeito. Se você tirar esse balde e colocar muito longe, concorda comigo que teoricamente teria que ter o mesmo efeito? Mas, como tem uma distância maior entre eles, vai mudar a interação.
- 546 **M:** É ((Pausa))
- 547 **N:** Ah não ser que seja muito muito forte ((Pausa))
- 548 **M:** É, tem um cara que vai tentar fazer isso. Eu vou falar na próxima, que vai ser o último dia né. Eu vou mostrar pra vocês algumas coisas.
- 549 **N:** É o último dia?
- 550 **M:** É.
- 551 **O:** Aaaah!
- 552 **M:** Aí depois a gente pode continuar pra fazer o trabalho de vocês, do seminário, eu posso ajudar. É ((Pausa)) Você quer perguntar alguma coisa? To sentindo que você tá com dúvida.
- 553 **D:** É assim, eu não to confiante. Se alguém me falasse assim: D, me explica porque que o movimento ((Pausa)) porque que isso tá errado e qual que seria o certo. Assim, porque que o referencial absoluto é o espaço. Eu não saberia explicar.
- 554 **M:** Porque que é o espaço e não um corpo?
- 555 **D:** É!
- 556 **M:** Entre um corpo e o espaço todo mundo conseguiu perceber?
- 557 **D:** Eu entendi. E o que ((Pausa)) mas eu não consigo. Eu, repassar assim. Se tu apagasse tudo e eu saísse dessa sala ((Pausa))
- 558 **M:** Ah, normal, eu também não. Eu também não conseguiria da primeira vez que eu aprendi. Mas enfim, eu vou falar, eu entendi o que você quer dizer, não foi a mesma coisa que eu falei agora.
- 559 **D:** Tipo, o raciocínio tá muito voando, circular, e fazendo curvas. Não tá num, assim, pá, primeiro eu falo isso, depois isso e isso.
- 560 **M:** Vamos tentar fazer isso então agora.
- 561 **D:** Tá bom. Vamos, vou escrever aqui.
- 562 **M:** Qual ((Pausa)) existem movimentos verdadeiros? Aí, sim, não ((Pausa)) tudo que a gente discutiu. Se, o Nic vai falar: existe!
- 563 **N:** Dá pra também responder isso?
- 564 **M:** Dentro da mecânica clássica sim. Existe. Existe ou não na mecânica newtoniana? Acho que é bom sistematizar então ((Pausa)) Vamos de novo então. Pergunta inicial. Estou girando em volta do N ((Pausa))
- 565 **N:** Sim!
- 566 **M:** Existe movimento verdadeiro? Sabe, sou eu que to girando ou é ele que tá girando?
- 567 **N:** Justo.
- 568 **M:** Aí vai ter uns que vão falar não! Porque quando você mede dá a mesma coisa! Aí vai ter um vai falar, ah, existe sim, porque aparece a força. Mas enfim, a questão é, existe movimento verdadeiro? Sim. Se existe, é com relação a qual referencial?

- 569 **N:** Ao espaço absoluto.
- 570 **M:** Essa é a questão viu D?
- 571 **D:** Uhum, to anotando.
- 572 **M:** Aí, pra chegar nessa conclusão, que ele usa isso. Mas aí, se ((Pausa)) ele vai falar, existe movimento verdadeiro. Se existe, tem que ter um referencial com o qual eu vou medir o movimento. Porque se eu medir o movimento com relação ao R, e eu meço com relação a Gabriela. Bom, se eu to medindo o movimento com relação ao e com relação a J, vai dar coisas diferentes, se eles tiverem com movimentos diferentes. Se o Newton tá dizendo que tem o movimento verdadeiro, tem que escolher um , um referencial. Aí ele vai usar o experimento do balde pra fazer o quê? Eu quero ver o movimento verdadeiro da água.
- 573 **R:** Aí que entra a questão do referencial privilegiado?
- 574 **M:** É.
- 575 **R:** O espaço absoluto é o referencial privilegiado. Pro Newton então.
- 576 **M:** Isso.
- 577 **R:** Pro Newton então.
- 578 **M:** Vocês tão percebendo que isso tudo é a procura de um referencial privilegiado. É querendo dizer o quê? Qual é o movimento verdadeiro da água. É o nulo, é o máximo, qual que é? Ele tá parado, tá girando? A água tá parada, tá girando, ta fazendo pirueta, tá fazendo o quê de verdade? Aí ele vai falar, com relação ((Pausa)) pra você descobrir se ele é verdadeiro, você tem que achar o referencial. Automaticamente vem junto, sabe, a pergunta do referencial vem junto. Então com relação ao balde, se eu medir meu movimento dá isso, mas numa outra situação, que eu meço um movimento, faço a mesma medida, tem coisas diferentes acontecendo. Então o movimento verdadeiro não pode ser com relação ao balde. Que aí ele tenta com a Terra e com o restante. Preciso explicar de novo? O argumento? E como com relação ((Pausa)) Dan?
- 579 **D:** É, eu to acompanhando.
- 580 **M:** E quando ele não acha um outro corpo, então esse movimento só pode ser com relação ao espaço. Ou com alguma outra coisa que não seja em relação aos corpos. Aí ele postula o espaço.
- 581 **V:** Isso que eu ia falar, então, ele colocou o espaço porque ele não achou outra coisa.
- 582 **M:** É. Mas ele poderia ter inventado outra coisa.
- 583 **V:** Mas ele poderia ((Pausa)) tá.
- 584 **M:** É com relação a Deus sabe, está parado lá no centro do Universo, quando alguém se meche com relação a ele, aparece a força centrífuga. Poderia fazer isso. Mas ele falou do espaço por toda essa questão. Que ele falou que se você se afasta do centro, por exemplo, Deus tá lá no centro. Aí você gira o balde aqui, perto dele, e você gira o balde longe dele, deveria acontecer coisas diferentes. Se é só com relação a ele. Agora você dizendo que o espaço está em todos os lugares, você não precisa. Porque se você se move no espaço, acontece, aí você não tá se distanciando dele, você está nele. Então, aí esse problema que apareceu eu não preciso explicar. Então, o espaço é uma coisa inventada, postulada. Pode ser que exista, pode ser que exista, pode ser que não. Uma coisa que ele achou pra explicar. E agora, você consegue explicar? Vamos pedir pros caras ali perguntar pra ele pra ver se ele consegue ((Pausa)) ((Risos)). Pergunte, pergunte!
- 585 **D:** Não, acho que eu to entendendo. Então ele postula um espaço que é tudo e é nada ao mesmo ((Pausa)) o que que é espaço? Esse espaço aí em especial.
- 586 **M:** É uma coisa que também é tudo onde nós estamos, onde todas as coisas estão. E é parecido com Deus.

- 587 **D:** E se eu tivesse dentro desse espaço.
- 588 **M:** Se você o quê?
- 589 **D:** Se esse espaço é o referencial ((Pausa)) ó a pergunta: o espaço aqui que a gente tá, ó, vamos supor que o espaço está vendo o balde, do ponto de vista do espaço, ele consegue descrever se é absoluto ou não, tipo, o espaço, ele dá a última palavra porque ele é ((Pausa))
- 590 **M:** Ele tá parado ((Pausa))
- 591 **D:** Então, o que ele falar é a verdade. Agora, se eu to no espaço, eu não vou ter a mesma visão que o espaço tem?
- 592 **M:** Sim.
- 593 **D:** E a minha opinião então seria verdadeira.
- 594 **M:** Sim, mas aí ((Pausa))
- 595 **D:** Mas aí eu posso ser um corpo.
- 596 **M:** Sim, mas aí você tem que saber que você tá parado com relação ao espaço. Aí no fundo a causa é o espaço sabe, vai ter que saber com relação ao espaço qual é o seu movimento, de qualquer forma.
- 597 **D:** Então qualquer corpo que estiver, que esteja parado em relação ao espaço é um referencial absoluto também.
- 598 **M:** É, daí que vem os referenciais inerciais ((Pausa))
- 599 **D:** Calma aí, deixa eu anotar.
- 600 **M:** Vocês conseguiram perceber, porque se eu só consigo medir movimento verdadeiro com relação ao espaço, então, e se eu só consigo medir movimento com relação a um corpo. Eu não consigo medir com relação ao espaço. Eu não consigo ver. Tem que ser com relação a um corpo. Então eu tenho que achar corpos que estão parados com relação ao espaço ou em movimento retilíneo uniforme, porque esse movimento não aparece a força centrífuga. Daí é como se tivesse parado em relação ao espaço. E daí que vem a diferença entre referencial inercial e não inercial, porque no inercial você consegue medir os movimentos verdadeiros de fato. E em qualquer outro referencial vai ser tudo aparente.
- 601 **D:** O referencial inercial consegue medir os movimentos verdadeiros de fato porque ele é, ele tá em repouso em relação ao espaço. E o espaço consegue medir. Logo, o referencial consegue medir também.
- 602 **N:** ((Inaudível)) consegue medir tanto ao espaço absoluto.
- 603 **M:** Isso, só que não é ele que consegue medir ((Pausa)) fala de novo N.
- 604 **N:** É, porque, os referenciais inerciais, eles estão parados ou em movimento retilíneo uniforme com relação ao espaço absoluto. Então, se você medisse, fizesse uma medição do espaço, da variação do espaço, com relação ao espaço absoluto, ou com relação a um desses referenciais inerciais, daria o mesmo resultado.
- 605 **V:** O Newton, ele falou de algum referencial inercial em relação ao espaço?
- 606 **M:** Então, inercial. Ah ((Pausa)) se existe?
- 607 **V:** É. Se ele deu um exemplo.
- 608 **M:** Não, no fundo não existe um referencial inercial, porque todo referencial tem pelo menos alguma força, mas ele aproxima a esfera das estrelas que ele dizia que estavam fixas. Até essa época se pensava que as estrelas eram fixas.
- 609 **V:** Uhum ((Pausa))
- 610 **M:** Então, que é um referencial das estrelas seria uma aproximação. Pra você medir com relação as estrelas você poderia ((Pausa))

- 611 **N:** Newton é da época de Galileu ou de Aristóteles?
- 612 **D:** Depois de Galileu não é?
- 613 **M:** Depois de Galileu.
- 614 **D:** Depois de Cristo também ((Pausa))
- 615 ((Risos))
- 616 **D:** É que depois de Aristóteles, é bem antes né ((Pausa))
- 617 **N:** O que eu queria saber é qual que é o sistema de Newton, já era ((Pausa))
- 618 **M:** Antes? Então, tinha o aristotélico, aí foi ((Pausa)) tudo o que vocês estudaram lá né ((Pausa))
- 619 **N:** Já era a Terra no centro ((Pausa))
- 620 **M:** É, já era a Terra no centro.
- 621 **N:** Beleza.
- 622 **M:** E aí tinha o problema que Descartes não conseguia explicar porque que os planetas tinham essa tendência de sair do centro. Que era a força centrífuga. Daí Newton veio e conseguiu explicar com essa teoria. A mecânica dele. E aí, ficou muito famosa, porque conseguiu dar esse “tchan”, explicar um monte de coisa. E não sei se vocês já ouviram essa história, se pensava que o Universo poderia ser determinado mecanicamente. De tanto impacto que foi a ((Risos)) ((Pausa)) não, tudo você pode determinar mecanicamente, só você saber a posição das partículas e você consegue prever o futuro, sabe. Começou a acreditar que a mecânica era né, depois que foram achando alguns errinhos. Algumas coisas que ela não podia explicar e tal. Mas, o impacto foi grande. Você queria falar?
- 623 **V:** Mas, esses errinhos tinham como, sei lá, ser uma exceção?
- 624 **M:** É, sempre tentam arrumar né, a teoria antes de abandonar. E aí não deu, porque também tem a teoria do eletromagnetismo, que a relatividade restrita e geral surgiu de problemas envolvendo as duas, tanto a mecânica como o eletromagnetismo. Sabe, é uma junção das duas, aí não dava mais ((Pausa)) surgiu não porque queriam abandonar o eletromagnetismo, tava muito bem estabelecido, e era um probleminha de relatividade da mecânica clássica. O que que é relatividade na mecânica clássica? É, se eu, estou me movendo com relação a você, um movimento inercial, com velocidade constante. Você também tá, com velocidade constante com relação a mim. Isso é relatividade na mecânica clássica.
- 625 **V:** Mas não é o contrário ((Pausa)) como você diz.
- 626 **M:** Isso, no meu referencial você está com velocidade constante, certo?
- 627 **V:** ((Inaudível))
- 628 **M:** Isso é relatividade na mecânica clássica. Quando for calcular isso, a fórmula, a expressão que eu vou usar é a mesma, tanto no meu referencial quanto no seu. Isso que é o princípio da relatividade na mecânica clássica. Significa que as mesmas leis valem tanto pro meu referencial quanto pro seu. Por isso que o referencial inercial eu sempre posso usar, ou em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Só que isso não tava valendo quando você ia pra velocidade da luz no eletromagnetismo. Que a luz sempre tinha a mesma velocidade, tanto no meu referencial quanto no seu, sabe. E aí, foi aí que veio esse problema e foi aí que veio a relatividade.
- 629 **V:** Mas mesmo eu pegando um referencial, sei lá, eu pego a luz, o referencial da luz, um objeto se movendo a um terço da velocidade da luz. E aí, tem a velocidade da luz e um objeto com um terço dela. A luz vai continuar sendo c ?
- 630 **M:** Sim. Em qualquer referencial.

- 631 **V:** Eu não sabia disso.
- 632 **R:** ((Inaudível)).
- 633 **M:** E isso quebrava a mecânica clássica, e aí tiveram que encontrar outra transformação, que assim, quando eu vou do meu referencial pro seu, essa é a transformação das equações que eu uso. Na mecânica clássica continua com a mesma forma. Tiveram que encontrar outra transformação, que é a transformação de Lorentz, de uma forma que quando eu mudo de referencial, a velocidade das coisas mudam, mas a da luz não. Como a outra transformação ((Pausa))
- 634 **R:** É tipo um teto ((Pausa))
- 635 **M:** Pessoal, vocês querem me perguntar algo da mecânica newtoniana mesmo? De coisas que vocês entenderam, de conceitos da mecânica ((Pausa)) porque eu imagino que isso tenha ajudado vocês a compreenderem melhor a primeira lei, a terceira ((Pausa)) a segunda lei, $f=ma$ ((Pausa)) quando eu faço uma força nele, tem duas coisas que acontece, você precisa ter uma massa, se não essa força não seria modulada. Teria uma aceleração infinita, e, essa força muda o estado de movimento dele. E vem o “m” e o “a”, aceleração porque eu mudo o estado de movimento dele. E essa força depende da massa que ele tem. E aí, toda a questão que eu queria que vocês compreendessem, o que é um referencial inercial, que é o referencial que você consegue medir os movimentos verdadeiros. Não pode ser qualquer referencial, porque em cada referencial você vai medir uma coisa. E aí tudo por causa das forças centrífugas ((Pausa)) E aí volta naquela questão, de eu girando em volta do N, cinematicamente não tem diferença, mas dinamicamente tem, daí que tá a sacada do Newton. Se você olhar pras forças que aparecem, aí você diferencia, só cinematicamente, com a posição em relação ao tempo, não ((Pausa)) E você vê como é forte isso, que durou bastante tempo, só no século XIX, com a relatividade que isso foi derrubado né, mas não é a teoria principal da ciência hoje. E na relatividade geral, o movimento circular com o aparecimento da força centrífuga ainda é absoluto.
- 636 **N:** Mas sabe qual que é o problema? Imagina que eu, eu e você girando. Imagine que não só eu e você estamos girando, como estamos amarrados numa corda. E isso faz com que a gente gire.
- 637 **M:** Mas eu to parada e você girando em volta de mim, ou nós dois estamos girando?
- 638 **N:** Um de nós está parado.
- 639 **M:** Tá.
- 640 **N:** Você concorda comigo que se a gente tiver amarrado numa corda, os dois vão tá sentindo força?
- 641 **M:** Sim.
- 642 **N:** Então, como é que o Newton prova qual dos dois está parado?
- 643 **M:** Mas eu não vou sentir uma tendência de sair do centro ((Pausa))
- 644 **D:** A força que vocês tão sentindo é de tração. Não a força centrífuga. O que manda é a centrífuga.
- 645 **M:** É ((Pausa)) semana que vem a gente vai fazer ((Pausa))
- 646 **D:** A provinha ((Pausa))
- 647 **M:** Vai fazer a prova ((Pausa)) ((Risos)) ((Pausa)) Não, semana que vem eu vou mostrar como que o Leibniz criticou Newton, o Mach ((Pausa)) é “M”, “a”, “c”, “h”. É um alemão. E como que ele criticou isso, porque pra ele o espaço absoluto não pode existir. E aí ele tenta dar uma explicação, que é o que ele falou né, você pode dar uma explicação que não é o espaço absoluto. Espaço absoluto é o que Newton encontrou pra explicar,

mas não dá certo o que ele faz, ele tenta, é uma boa explicação, o Einstein se inspira nele. Ele tenta fazer uma teoria baseada no que o Mach falou e não consegue. Aí abandona e faz do jeito dele. É isso que eu vou fazer semana que vem, aí vocês vão responder de novo aquelas coisas.

648 **V:** Eu queria fazer uma pergunta em relação a relatividade. Eu acredito que a relatividade surgiu porque surgiu problemas nas postulações anteriores. Tem problemas na relatividade, que teria que nascer uma outra ((Pausa))

649 **M:** Tem também. Tem. Eu posso até mostrar pra vocês, semana que vem, um experimento que fizeram recentemente. Terminou, não sei se ano retrasado. Eles colocaram um giróscópio em volta da Terra, pra fazer algumas medidas que eram previsões da relatividade. Até então não tinham sido provadas, medidas. E aí eles conseguiram fazer as medidas, mas eram problemas recentes. Era tipo o experimento do balde moderno. Assim, vai surgir a questão, tá, e se eu girar o restante do Universo, será que a força centrífuga não aparece? Em vez de eu girar o balde?

650 **V:** Isso não é verdade, quando você tá girando, o balde na verdade, é quando ele tá parado é o Universo que tá girando ((Pausa))

651 **M:** Então, pode ser. Aí que vem essa crítica. Só que aí ele não consegue achar onde tá todos os corpos do Universo e vai querer dizer que é com relação a todos os corpos então, já que não é com relação a todos. E aí ele não consegue. E o Einstein fica “muito louco” achando isso “da hora”, falando, vou tentar!

652 ((Risos))

653 **M:** Fazer uma teoria que explique com relação a todos os corpos. E aí não deu. Aí veio a relatividade geral do jeito que tá, mas ainda existe o espaço absoluto, no sentido de existir independente da matéria. Na relatividade, se acabar a matéria ele existe ainda. Só que é relativo naquele sentido de deformação, sabe? Que ele pode ser deformado ainda.

654 **S:** No balde, é assim, mas tem aquilo também que se eu giro assim, apesar da força da gravidade, a água não cai.

655 **M:** Esse aí já é outra coisa. Quando você gira assim, tem a força centrífuga na água que tá segurando ela pra lá ((Pausa))

656 **S:** Nesse caso então, a força centrífuga é maior do que a centrípeta?

657 **M:** Acho que é igual. Acho não, é igual.

658 **R:** É igual porque ela tá parada em relação ao balde né?

659 **N:** Tem que ser igual. Ela teria um movimento ((Pausa))

617 **V:** Ela é igual, e por isso que não ((Pausa))

618 **M:** Ela tá tentando ir reta né, só que o balde, o copinho lá tá sempre puxando ela. Tentando fugir.

619 **N:** Posso ((Pausa))

620 **M:** Não foi muito boa essa explicação ((Pausa)) faz um desenho aí, vamos tentar melhorar. ((Risos)).

621 **N:** Isso é a água, e esse é o balde. E aí esse desenho assim é a trajetória. Tipo, a centrífuga tá pra onde? Pra lá. E a centrípeta? Tá pra lá. Quando faz a somatória de forças pra ver qual é a direção do movimento, se uma das duas forças vencesse, a água estaria se movendo no sentido dessa força. Se essa força fosse maior do que essa, a água estaria se movimentando pra lá. E isso porque tem o copo aqui. Se essa força fosse maior do que essa, ela estaria caindo. E a gente sabe que não é isso que acontece. Essa força tem que obrigatoriamente ser igual a essa pra que ((Pausa))

- 622 **V:** Mas, essa corda presa, se ela pudesse ser, se ela fosse, se ela esticasse, e você fosse girar, ela iria se afastar.
- 623 **M:** Se ela só esticar vai aumentar o círculo né? Que ela tá fazendo.
- 624 **V:** Sim. Mas ((Pausa))
- 625 **M:** E a força centrífuga iria variar também. Ela depende do raio né ((Pausa)) a centrípeta depende do raio, e a centrífuga por ser reação ((Pausa))
- 626 **V:** Ah ta, entendi.
- 627 **M:** Vai ser igual ((Pausa)) vai depender.
- 628 **V:** Mas, da onde que surge a força centrífuga?
- 629 **M:** O espaço absoluto que causa ela porque você tá tentando tirar ((Pausa)) essa é a explicação do Newton. Você tá tentando tirar a água do estado de inércia, então o espaço oferece essa resistência, é aquela reação lá.
- 630 **V:** Aah ((Pausa))
- 631 **M:** Depois, a mecânica foi reformulada. Retiraram essa explicação, deixou porque sim. Não faz mais sentido pensar isso. Pensar que, ah, como eu to tentando tirar o corpo da inércia, vai ter essa resistência.
- 632 **V:** Então, cria a centrífuga, que faz com que a corda se esticasse, a centrífuga aumentaria, se ((Pausa))
- 633 **M:** Se a corda esticar né? Porque tem uma tensão na corda ((Pausa))
- 634 **V:** Ah ta, ok. Entendi.
- 635 **M:** E agora teste final. Se o copinho soltar, vai pra onde?
- 636 **D:** Soltar da onde?
- 637 **M:** Soltar da corda.
- 638 **R:** Vai pela tangente.
- 639 **M:** Vai pela tangente, no seu referencial, fora ((Pausa))
- 640 **D:** Não, mas ele tá girando sobre o próprio eixo. Ó, to girando assim, ele vai continuar girando assim ((Pausa))
- 641 **M:** Você solta o copo do ((Pausa))
- 642 **D:** Ah, aquele copo! Pensei que era o balde. Eu confundi.
- 643 ((Risos))
- 644 **M:** Por isso que ele não tava entendendo a pergunta. Se você solta, vai pela tangente, mas se você tá nesse referencial, você vai pensar que tem a força puxando, lembra? Essa força é real?
- 645 **N:** Não.
- 646 **M:** É fictícia, porque é só uma impressão, você não observa. Agora a centrífuga aparece em qualquer referencial. Em qualquer referencial você vai perceber que tem a tendência ((Pausa))
- 647 **N:** De sair do centro ((Pausa))
- 648 **M:** Até aqui no solo você vai ver, se for aquela gelatina lá, você vai ver a gelatina “ooooou”.
- 649 **V:** Então a real seria qual? A fictícia seria a tangencial, mas ((Pausa))
- 650 **M:** A real seria essa que você sente enquanto o copo está amarrado. Pensa assim: o copo tá tentando ir por inércia em linha reta, só que você está constantemente tirando ele desse estado.
- 651 **V:** Ah ta.
- 652 **M:** Então, constantemente vai aparecer centrífuga ali.
- 653 **V:** Mas, se não tiver mais, aí volta a ser natural.

- 654 **M:** Isso, aí não tem força nenhuma, ele vai por inércia, sem força nenhuma, só que se eu tiver acelerado eu vou pensar que tem uma força. Que é a bolinha lá que eu mostrei no começo, se afastando da radial. Eu vou pensar que tem uma força, mas é porque eu to acelerando. A bolinha na verdade tá indo em linha reta. Na verdade. Em movimento absoluto.
- 655 **N:** Quando você for pensar ((Pausa))
- 656 **M:** Pessoal, quem quiser ir, tá, porque já deu, né? Quem tiver coisa pra fazer ((Pausa)) eu vou ficar aqui até quando vocês quiserem.
- 657 **N:** Mas um jeito legal que eu acho que parece pra mim, é que pra você saber se é uma força fictícia ou real, é literalmente fazer aquele negócio que ((Pausa)) tipo, pensar e substituir, eu girando ((Pausa)) se for real, o N vai sentir ((Pausa)) ooooh. ((Risos)).
- 658 **M:** Não, o pessoal critica ((Pausa)) A impressão que a gente tem da graduação, a gente pensa: ah, o Newton é nada. Derrubaram ele fácil, arrancaram a teoria dele da ciência e já era. Só que quando você escuta essas coisas, vê que não é bem assim. Ele teve ideias incríveis assim, que não foram destruídas até hoje, que é esse caso da força centrífuga. E aí ninguém fala isso pra gente, a gente fica pensando e só “pagando pau” pra física quântica e relatividade.
- 659 **R:** É uma noção muito evolutiva assim ((Pausa)) fecha-se uma explicação pra abrir outra e outra ((Pausa))
- 617 **N:** É que talvez, pelo menos eu tenho assim pra mim, na minha cabeça. É que cada um desses cientistas, eles são degraus, na escala do conhecimento sabe. Cada teoria nova é um degrauzinho que você sobe até chegar na teoria mais certa de todas.
- 618 **M:** É que não é bem um degrau né. Um degrau acima tem um túnel pro degrau de baixo, que é a força centrífuga ((Pausa)) ((Risos)).
- 619 **N:** Então, era isso que eu ia falar. Exatamente isso que eu ia falar. Sei lá, você pega o primeiro de todos, vai, sei lá, considera o Aristóteles como o primeiro, só por um momento. Pode ter tido antes e tal ((Pausa)) aí beleza. Quebraram a teoria dele, certo? Veio o Galileu, aí quebraram o Galileu e veio Copérnico, e assim por diante. E foi indo, certo? Tipo, o que eu penso é que assim, o Newton ele tá nos degraus mais altos que a gente conhece, e ele é um degrau que por mais que tenham degraus superiores, como a relatividade e a quântica, o degrau dele ainda tá quase lá, tá ligado? Tem, tipo assim, um degrau que é desnivelado.
- 620 **M:** Ah, legal.
- 621 **D:** Não é perigoso pensar com degrau? Porque na física pelo menos degrau, tipo, ele, se formou, mas podem destruir ele a qualquer momento, sabe?
- 622 **N:** É a ideia de subir no próximo degrau. Porque você sobiu subre um outro. Você já está ((Pausa))
- 623 **M:** E os degraus são coisas diferentes também. Se você tá na mecânica, tá olhando pro mundo de uma forma. Na relatividade, você tá olhando de outra forma. Teria que ser uma escada feita com degraus de materiais diferentes, sei lá ((Pausa))
- 624 **D:** Sei lá, eu vejo a matemática como um degrau. Que a matemática é muito ((Pausa)) uma vez provada nunca vai ser derrubado ((Pausa)) eu acho, na matemática, quando é provada uma coisa, vale pra todo o infinito assim ((Pausa)) não precisa ter medo.
- 625 **M:** Então.
- 626 **R:** Tem aquele postulado das paralelas que se encontram. Neste ponto depende, se o cara fala que se encontram ((Pausa))
- 627 **M:** Então, não dá pra falar.

- 628 **D:** Mas se encontram? Mas no infinito ((Pausa))
- 629 **M:** Não, não, não é no infinito. Tem outras geometrias que não são euclidianas.
- 630 **D:** Não, eu to falando de Euclides.
- 631 **M:** Mas então, e aí se aparece uma outra geometria que diz que as paralelas se encontram ((Pausa))
- 632 **N:** É a mesma coisa de, você tem a mecânica de Newton e aí vem outro “truta” chamado Einstein e aí começa a ter ((Pausa))
- 633 **D:** Eu entendi ((Pausa))
- 634 **M:** Então, você entendeu? Ninguém fala mais que as paralelas não se encontram. O matemático mesmo. Porque essa impressão de que não se encontra é só uma impressão local. Porque você tá limitado, porque você é pequenininho. Se você pudesse ver o todo.
- 635 **N:** Tem gente que diz que reta não existe e que tudo na verdade são círculos. Você pode aproximar essa reta por um círculo de raio infinito.
- 636 **M:** Geodésica.
- 637 **N:** Não sei, nunca ouvi falar.
- 638 **M:** Geodésica, você pega uma esfera, e pega uma linha assim do topo da esfera até embaixo. O menor caminho, que seria o quê? A reta. É, aquele dia lá que eu expliquei. E isso aí seria a reta mesmo, pra matemática, que é da geometria, das outras geometrias. E na Euclidiana seria só um pedacinho da reta, que é o que ele falou. Um pedacinho da reta você pensa que é uma reta.
- 639 **R:** Mas porque, o raio ela é próximo de infinito?
- 640 **M:** Não, qualquer raio né, vai depender do seu tamanho. Se você é uma formiguinha em cima de uma maçã, onde você tá, você vai pensar que é plano. Que nem a gente na Terra, a gente pensa que é plano.
- 641 **R:** Ah, ta ta.
- 642 **N:** É uma aproximação. Por isso que eu acho o Newton é f***, porque se você analisar tipo, a teoria dele, é tipo uma aproximação da relatividade, tá ligado?
- 643 ((Risos))
- 644 **M:** Nessa época ele não sabia né ((Pausa)) da pra aproximar pro macroscópico.
- 645 **N:** Não, mas se você olha. ((Inaudível))
- 646 **M:** Então, os outros caras também são f**** ((Pausa)) só que eu não coloco um maior que o outro. Newton, costumam colocar ele lá em baixo. D, quer fazer alguma questão?
- 647 **D:** Não, eu vou pensar e depois eu trago.
- 648 **M:** Pensa e traz na próxima, porque isso é ((Pausa))
- 649 **N:** Pera aí, antes da gente ir embora, a gente vai escolher o próximo tema, que nem você falou?
- 650 **M:** Então, eu não vou mais fazer aquilo, vou fazer a crítica e aí a gente responde e depois se vocês quiserem a gente discute ((Pausa))
- 651 ((Questões burocráticas não transcritas))
- 652 **M:** E aí pessoal, gostaram também hoje? Descobriram alguma coisa legal?
- 653 **O:** Acho que tá cada dia uma nova surpresa. ((Risos))
- 654 **R:** Ah, eu acho mó legal perceber que tem uma questão filosófica até hoje não superada.
- 655 **M:** É meio filosófica, meio física né. Vê que tem parte da filosofia que não dá pra separar. Você conseguiu entender melhor o que é inércia?

- 656 **R:** Acho que sim. Eu nunca tinha pensado esse lance do espaço atuar. Eu achei que era completamente neutro.
- 657 **M:** Então, pro Newton é o espaço que vai causar a força centrífuga, só que isso foi abandonado depois.
- 658 **R:** É, então.
- 659 **M:** Só que ninguém pôs uma explicação no lugar, porque essa explicação é muito mística.
- 660 **R:** Então, é muito prepotente isso né, eu acho. Isso de falar, ah não, ele é místico demais ((Pausa))
- 661 **M:** É ((Pausa))
- 662 **R:** Desencana.
- 663 **M:** Vocês sabiam que o Newton, a maior parte das obras dele é de ((Pausa)) como é o nome da outra coisa que ele fazia ((Pausa))
- 664 **N:** Teologia.
- 665 **M:** Teologia também, mas é um negócio que mexe, que lembra química ((Pausa))
- 666 **N:** Alquimia.
- 667 **M:** Alquimia.
- 668 **R:** Aaaah.
- 669 **M:** Mais do que os outros livros da filosofia natural.
- 670 **N:** Não, mas ele queimou os negócios de alquimia.
- 671 **R:** Ele era alquimista também?
- 672 **O:** Tipo, ele provava as soluções que ele fazia ((Pausa))
- 673 **J:** Ele fazia umas explosões lá ((Pausa))
- 674 **M:** Você tava no dia que eu expliquei a diferença entre massa gravitacional e inercial? Não né?
- 675 **N:** O que é isso?
- 676 **R:** Você falou isso no primeiro né?
- 677 **M:** Acho que eu só perguntei.
- 678 **R:** Eu já li algo sobre isso, mas eu não cheguei a ((Pausa))
- 679 **M:** A massa inercial é essa da inércia, que você faz uma força e ela muda o movimento.
- 680 **R:** A massa ((Pausa))
- 681 **M:** A massa gravitacional é a que gera a gravidade. Tipo, são massas diferentes. Por coincidência elas são iguais.
- 682 **R:** Mas elas não são iguais pra qualquer referencial.
- 683 **M:** São.
- 684 **R:** Elas são iguais, independente de nada ((Pausa)) de tudo.
- 685 **M:** Então, mas é coincidência, tipo ((Pausa))
- 686 **R:** Então, mas como é que pode ser coincidência se ao mesmo tempo ((Pausa))
- 687 **M:** Mas é que teoricamente é diferente. Uma massa é aquele poder de resistência de mudar o movimento em relação ao espaço. A outra massa é como a carga elétrica sabe, o corpo tem, como uma carga elétrica, se o corpo tem, quer dizer ((Pausa))
- 688 **R:** Quer dizer que ela sofre atração.
- 689 **M:** É igual a massa, se o corpo tem, ela faz ((Pausa))
- 690 **R:** Então, eu acho difícil essa coincidência sabe. Porque não pode ser ((Pausa))
- 691 **M:** Então, o Einstein vai provar que é a mesma.
- 692 **R:** Não pode ser coincidência se não for, se for uma coisa generalizada.

- 693 **M:** Sim, mas o Einstein vai mostrar que é a mesma. Você percebe que sem mostrar não é a mesma? Teoricamente falando.
- 694 **R:** Não, sem mostrar tem propriedades diferentes. Uma é carga e a outra é massa assim ((Pausa)) são quase que de naturezas diferentes. São né? De naturezas diferentes.
- 695 **M:** É, são de naturezas diferentes.
- 696 **R:** Porque uma você tá falando de campo, a outra você tá falando de inércia né.
- 697 **M:** É, quando você vai pra realidade e mede, você vê que elas são iguais. E aí, como é que explica?
- 698 **R:** Mas no contínuo quadridimensional isso resolve não é?
- 699 **M:** Resolve, mas e aí? Como é que você explica? O Einstein que explica isso.
- 700 **R:** É, não lembro da explicação.
- 701 **M:** É a do elevador lá ((Pausa))
- 702 **R:** Aaah.
- 703 **O:** ((Risos))
- 704 **M:** ((Inaudível)). Ele vai explicar assim. Mas você percebe que teoricamente as massas não são iguais, elas são diferentes. Na mecânica clássica elas são diferentes.
- 705 **R:** Nossa! E até hoje isso?
- 706 ((questões burocráticas))
- 707 **R:** Super dá pra falar disso no ensino médio.
- 708 **M:** Dá ((Pausa))
- 709 **O:** E eu acho que é o que mais vale a pena. Melhor do que ficar jogando uma porrada de equação na lousa.
- 710 **R:** É ((Pausa))
- 711 **V:** Acho que é mais excitante falar isso do que ((Pausa)) deve ser mais excitante pra gente, professor, falar isso aí ((Pausa)) e ser mais motivador pro aluno ir pra exatas, ou ir pra Física.
- 712 **O:** Eu principalmente acho que deveria ter uma visão melhor da coisa, sistematizado.
- 713 **M:** É, e vocês percebem que isso é toda uma visão de mundo, uma forma de olhar pro mundo. Existe um espaço onde a gente tá, e aparecem as forças ((Pausa)) você percebe que só a conta não dá ((Pausa)) é por isso que parece que o ensino é separado da vida. Porque você olha só a conta e você não consegue trazer aquilo pro mundo. Então você não olha aquilo como uma visão de mundo.
- 714 **R:** ((Inaudível))
- 715 **M:** Você olha como uma coisa que é independente da minha vida, que to aprendendo só pra passar na prova. E aí quando você mostra o que tá por trás daquilo, faz mais sentido. E antes eu achava a mecânica super chata ((Pausa))
- 716 **R:** Eu continuo achando, só essa parte que é legal. ((Risos))
- 717 **M:** Não, é porque ((Pausa))
- 718 **R:** É que entender o “por trás” das coisas é legal.
- 719 **M:** Mas isso é mecânica. É que você acha chato a parte de fazer conta, mas isso também é mecânica.
- 720 **R:** É que essa parte da mecânica, tipo, você entende o “por trás”. Pra explicar é legal.
- 721 **M:** Então você gosta de mecânica. Você não gosta porque não gosta de fazer conta ((Pausa)) pra mim a parte mais legal de qualquer teoria é essa daí. Tanto relatividade, como a quântica, é essa visão de mundo que tá por trás. É que vocês vão aprender ainda né.

ENCONTRO 4

- 1 **M:** O argumento que o Newton usa, no final das contas, não prova o espaço absoluto, ele dá uma explicação aceitável.
- 2 **O:** Fala que ele existe.
- 3 **M:** Que ele existe, mas ((Pausa)) deixa eu perguntar pra vocês. O que vocês acham? Que o espaço é absoluto ou uma relação entre os corpos?
- 4 **N:** Eu acho que espaço é absoluto.
- 5 **M:** Todo mundo acha isso?
- 6 **R:** Uma relação entre corpos.
- 7 **M:** Então eu e o R achamos que o espaço é uma relação entre os corpos. Que o espaço é só uma percepção da gente, por exemplo, as coisas estão organizadas de uma determinada forma que a gente cria uma forma de organizar esses objetos.
- 8 **J:** Então, todo tempo é ((Inaudível))
- 9 **M:** É, não sei se é uma relação, mas eu to dizendo que é. Eu e o R achamos isso, o que vocês argumentariam pra convencer a gente? Do contrário ((Pausa))
- 10 **F:** Que o espaço é absoluto.
- 11 **M:** De que o espaço é absoluto? Argumenta aí.
- 12 ((Inaudível))
- 13 **M:** Mas o que vocês podem falar pra me convencer?
- 14 ((Inaudível)) ((Risos))
- 15 **M:** Olha, eu não acredito que o espaço existe.
- 16 **F:** Eu falei na aula passada. Vocês fizeram alguma prova, alguma coisa?
- 17 **M:** Foi o argumento do balde ((Pausa))
- 18 **O:** Eu acho que o espaço existe e o que a gente falou da aula passada sobre o balde.
- 19 **M:** Não, não, esquece que a gente tava aqui, você tem que falar pra uma pessoa que não acredita que o espaço existe.
- 20 **F:** É, prove que o espaço é relativo.
- 21 ((Inaudível))
- 22 **M:** Mas o problema é que você tem que usar algum argumento pra me convencer.
- 23 **N:** Porque ele (o balde) mostra que se você for por relações entre as coisas ((Pausa))
- 24 ((Discussões sobre questões burocráticas))
- 25 **M:** Voltando, eu não participei das discussões. Eu não acredito
- 26 **N:** Mas, se você contar que você sabe qual é o experimento do balde.
- 27 **M:** Não, não sei nada.
- 28 **R:** Eu faria o experimento do balde.
- 29 **M:** Mas eu to falando do espaço.
- 30 **R:** Então.
- 31 **F:** Você acredita que ele é relativo.
- 32 **M:** Pra mim é uma percepção dos objetos e aí a gente cria uma relação entre eles.
- 33 **F:** E se tirar os objetos?
- 34 **M:** Se tirar os objetos não tem mais relação entre eles.
- 35 **O:** Por quê que tem uma relação?
- 36 **F:** O quê que existe quando você tira ((Pausa))
- 37 **M:** Ué, se eu tiro os objetos, não tem mais relação entre eles.
- 38 **O:** Então os objetos são só espaço. Estão ali. Se você for ((Pausa))
- 39 **M:** Não, não é o objeto, é a relação entre eles.
- 40 **O:** Se você ((Pausa))
- 41 **F:** Se você tirar ((Pausa)) os objetos estão inseridos em algum lugar.
- 42 **M:** Não, não sei.

- 43 **F:** Não, to perguntando.
- 44 **M:** Você pode tá no nada. No nada ((Pausa))
- 45 **F:** Quando você denomina algo, você cria algo.
- 46 **M:** Não. O nada é diferente do espaço. O espaço tem propriedades ((Pausa))
- 47 **F:** Não, mas é ((Pausa))
- 48 **M:** Não, vamos falar sério, que nem gente grande vai ((Risos)).
- 49 **F:** Mas eu to falando que nem gente grande, to tentando convencer você.
- 50 **M:** Mas ó, não ((Pausa)) essa desculpa de que o nada denomina algo não serve pra falar que o espaço não é relativo. Mas vai ((Pausa)) tudo bem.
- 51 **F:** Você tem um objeto, esse objeto está em algum lugar e você tira esse objeto, esse lugar ainda existe. Mesmo que seja o vazio, o nada.
- 52 **M:** Ué, mas isso não é espaço.
- 53 **F:** Ué, é um modelo que eu to usando de espaço.
- 54 **M:** Não, o nada não é o espaço. O espaço tem umas propriedades. É como se fosse uma entidade que existe aqui e que você coloca as coisas. O espaço absoluto é isso. Agora, o nada é nada. Sem nenhuma propriedade, reta ((Pausa))
- 55 **F:** Mas isso é uma questão de interpretação do nome que a gente dá.
- 56 **M:** Não.
- 57 **R:** Não, o Newton vai definir ((Pausa)) ele vai definir o que é espaço, como se dá a métrica. Como que você vai fazer medida. Que ele é absoluto, é uma ((Pausa)) isso tudo já é uma opinião sobre o nada no caso. O nada tem interpretações, ou de espaço absoluto ou de não existência do espaço caso não haja matéria.
- 58 **M:** Nada, tanto tem a presença do espaço absoluto quanto o relativo apresenta o nada. Não entendi o que é nada.
- 59 **F:** Não, o nada ainda faz parte do espaço.
- 60 **M:** Tudo bem, mas o nada não pode ser o espaço.
- 61 **R:** É, é uma opinião, entendeu? E você tem que tentar convencer dessa opinião.
- 62 **M:** É, me convençam que existe o espaço absoluto. Que existe uma coisa que é independente da matéria, porque pra mim o espaço é a relação que eu faço entre os corpos. Por exemplo, a distância dessa mesa para aquela, aí eu só consigo medir as distâncias porque existem os corpos. Agora, a partir do momento que não tem os corpos não tem mais a distância entre eles, então pra mim a relação entre eles existe, mas ((Pausa))
- 63 **N:** Você pode medir a ((Pausa)) se você colocar no lugar dessa mesa uma outra coisa qualquer, tipo um golfinho ((Risos)). E no lugar daquela mesa você coloca outro golfinho. Na mesma posição, certo? Você tá fazendo esse espaço, o espaço dessa mesa até a outra é o mesmo espaço entre os golfinhos, concorda?
- 64 **M:** Uhum.
- 65 **N:** Então, independente do que você usa pra medir você tá medindo aquele espaço. Então ele existe porque você pode medir com coisas diferentes.
- 66 **M:** Acho que na verdade vai depender da massa do golfinho e da mesa. Pode mudar a relação espacial entre eles. Eu não acho que é a mesma coisa, duas mesas, dois golfinhos.
- 67 **N:** A mesa ((Pausa))
- 68 **R:** Não precisa ser a mesma coisa. Pra física clássica é a mesma coisa.
- 69 **N:** Eu to falando que eu to colocando o golfinho aqui.
- 70 **R:** Hum.
- 71 **N:** A barriga do golfinho tá exatamente no lugar onde essa mesa estava. Você tá medindo o espaço entre eles com duas coisas diferentes. Então, independente do que você usa pra medir, aquele espaço tá existindo.
- 72 **M:** Pessoal, vamos ser newtonianos pra gente limitar um pouco mais a discussão. Vocês são o Newton ou ((Pausa))
- 73 **N:** O que eu falei faz sentido?
- 74 **M:** Alguém seguidor do Newton e vocês tem que me convencer, porque eu não acredito numa entidade independente da matéria com a qual você mede o

- movimento. O movimento seria a mudança de lugar no espaço. Eu não acredito que exista essa entidade. Que existe, existe, mas só em relação a algum corpo.
- 75 ((Inaudível))
- 76 **M:** Só que eu queria que eles fizessem agora, pra eles mostrarem o argumento.
- 77 **F:** É, o espaço é metafísico, que nem você falou na primeira aula.
- 78 **M:** É, porque a gente não consegue medir ele.
- 79 **F:** Se ele se torna algo que não tem como medir ou como provar, etcétera e tal. Por que fazer uma pessoa acreditar naquilo que a gente acredita?
- 80 **M:** Essa é uma questão pra vocês, vai.
- 81 **F:** Acho que não faz sentido ((Pausa))
- 82 **M:** Sentido faz, agora ((Pausa))
- 83 **F:** Não, faz sentido eu expor, não faz sentido eu ((Pausa))
- 84 **M:** Não, não to querendo fazer acreditar. Eu to fazendo esse exercício pra ver se vocês compreenderam ou não os argumentos.
- 85 **F:** Ah tá.
- 86 **M:** Eu não to falando pra vocês chegarem e me falarem ((Pausa)) eu quero que vocês acreditem que o espaço é assim, assim, assado. Até porque essa pergunta não tem resposta, por quê? Porque o espaço não pode ser medido. Agora, implicitamente, porque faz sentido falar que o espaço é absoluto? Essa é a questão.
- 87 **F:** Entendi.
- 88 **M:** Essa é a questão: por quê faz sentido? Entendeu? Embora não seja possível medir o espaço absoluto, eu consigo dar argumentos de que ele explica alguma coisa.
- 89 **N:** Se você muda a sua teoria, se você muda a sua concepção de espaço, se você muda a teoria? Então é necessário que você convença as pessoas da sua concepção de espaço pra que elas acreditem na sua teoria?
- 90 **M:** Não precisa convencer pra que ela passe a acreditar, você mostra pra ela que se você considerar o espaço dessa forma, você explica um problema que você tem na natureza.
- 91 **N:** Então, se você definir ((Pausa)) o Newton definiu espaço de um jeito, que tornou a teoria dele de um jeito. O Einstein foi lá e definiu espaço de um jeito diferente do Newton, então a teoria do Einstein ficou diferente. E se você acreditar no espaço como Newton acreditava, você vai contra a teoria do Einstein.
- 92 **M:** Mas nesse caso ((Pausa)) a gente não sabe a teoria da relatividade ainda. Eu quero saber o que que define ((Pausa)) por que que eu posso dizer que o espaço é absoluto mesmo sem eu conseguir medir esse espaço. Por que que é plausível dizer pra alguém, por que que o Newton conseguiu ficar tanto tempo com a teoria, com a mecânica clássica tão divulgada e tão aceita mesmo com uma coisa que ((Pausa)) não observável. Essa é a questão, porque que ele conseguiu ((Pausa)) me convençam! Me deem algum argumento de que o espaço é absoluto.
- 93 **O:** Eu acho que foi o referencial, pra ele conseguir descrever o movimento. Um referencial, porque se você for medir o movimento com relação a um outro corpo, você pode ter o mesmo movimento, mas não observar o mesmo, que é o caso do balde, já que você precisa ((Pausa)) já que então pra você medir com o outro corpo, você precisa de uma coisa que continue a mesma independente de onde você esteja. Daí ele pegou e falou assim: ah, vou chamar essa coisa que precisamos, não sei se existe, chamar isso de espaço. Absoluto. Então vamos medir o movimento com relação a isso, uma coisa “onipotente” ((Risos)).
- 94 **M:** O que que vocês acham?
- 95 ((Inaudível))
- 96 **D:** Se o espaço é relativo, medições ((Pausa))
- 97 **N:** A mesma medição feita em lugares diferentes vai dar valores diferentes.
- 98 **D:** ((Inaudível)). Não podia ser ((Pausa)) não pode ser!

- 99 **R:** Não é ((Pausa)) ((Risos))
- 100 **N:** Meu nariz é do mesmo ((Pausa)) desse tamanho em qualquer lugar!
- 101 ((Risos))
- 102 **M:** E vocês dois?
- 103 ((Risos))
- 104 **F:** Eles estão quietos em qualquer lugar ((Risos)).
- 105 **M:** Pessoal, a questão do espaço ((Pausa)) ((Inaudível)) ((Pausa)) a questão do espaço, não adianta eu ficar pensando aqui, ah, é relativo ou absoluto. Eu não vou chegar a nada, porque ele não é medido. Como que as pessoas discutem isso e como que respondem a essa pergunta? Isso pode ser ((Inaudível)) observável. Que é o movimento.
- 106 **V:** Tipo assim ((Pausa)) é ((Pausa)) ele propôs depois que descobriu que faltava algo né?
- 107 **M:** É uma coisa pra explicar ((Pausa)) é uma ((Pausa)) é que nem o elétron, a gente não vê ((Pausa)) ((Inaudível)). O quê que aparece que é efeito do espaço.
- 108 **N:** E porque aparece ou não aparece. A força ((Pausa))
- 109 **M:** O que pode dizer ((Pausa)) é a força centrífuga né? Quando aparece a força centrífuga?
- 110 **N:** Quando tá acelerado.
- 111 **O:** ((Inaudível)). Quanto tá se deformando.
- 112 **M:** Mas, por que que ela aparece?
- 113 **N:** Por causa que ((Pausa))
- 114 **O:** Porque ela tá em movimento acelerado.
- 115 **M:** Com relação?
- 116 **O:** Com relação ((Pausa))
- 117 **M:** Ao espaço né ((Pausa)) só o movimento com relação a um corpo qualquer ((Pausa))
- 118 **O:** Ela poderia tá parada.
- 119 **M:** Que é a situação do balde, que ((Pausa)) quando a água tá girando e a água tá parada e depois do balde você vê a água girando. E aí você não vê nenhuma força ((Pausa))
- 120 **F:** Quê?
- 121 ((Risos))
- 122 **M:** A gente vai te falar ((Pausa))
- 123 **J:** Vai chegar, calma ((Pausa))
- 124 ((Risos)).
- 125 **N:** Olha só, ele já ficou vermelho ((Pausa))
- 126 **M:** Então, o que que é um fato experimental? Que é observado na natureza. ((Inaudível)). Que é ((Pausa)) existem dois tipos de movimentos, os inerciais e os não-inerciais. Só que os não inerciais são aqueles que vocês observam forças aparecendo “do nada”. E aqueles inerciais é que você não observa força. Você vê o movimento variando uniformemente.
Essas teorias que tentam explicar o movimento, sempre tão tentando explicar isso. Esses movimentos, esses dois tipos de movimento. Tem aqueles em que não aparece a força, e tem aquele que é circular e que aparece a força. E aí tentando achar por que ((Pausa)) em que referencial ((Pausa)) com relação a que referencial esses corpos estão girando. Aí, que vai chegando no conceito de espaço. ((Inaudível)). Quando ele tenta responder, como consequência, o espaço vira uma causa de uma consequência observável.
- 127 **N:** Mas ((Pausa))
- 128 **M:** Tudo bem? Todo mundo ((Pausa))
- 129 **J:** Ele ainda não ouviu a explicação.
- 130 ((Inaudível)).
- 131 **F:** Eu prefiro o balde.
- 132 ((Risos))

- 133 (Pausa)
- 134 **M:** Bom, enfim, voltando. O que eu falei é que a gente não consegue responder o que é o espaço porque ele não é detectado. Se é independente, se é relativo ou absoluto. Em qualquer um daqueles sentidos eu não vou conseguir responder isso. Eu posso ficar tentando pensar em alguma coisa, mas eu não vou conseguir detectar pra conseguir responder de fato: é assim. Como que faz pra responder esse tipo de pergunta? É através de coisas observáveis. Se o espaço, desse jeito que eu acho que é, explica uma coisa observável, então eu posso justificar que ele existe ou não, ou dependendo da sua concepção filosófica. Ah, ele existe então, então ele consegue explicar uma coisa observável, ou eu posso falar que não, é só uma ferramenta que eu criei pra explicar uma coisa observável. Aí entra a sua posição filosófica. O Newton acredita que o espaço absoluto existe e ponto. Depois dele, vieram outras pessoas que reformularam a mecânica clássica e mantiveram as equações e foram tirando essas coisas que são metafísicas, pra além da experiência. Sabe, não faz sentido eu falar que existe uma coisa que eu não consigo detectar. Aí, deixaram a mecânica meio que sem sentido, quando eles tiram essas coisas, porque parece que as equações saíram do nada. E aí, como não faz sentido, eu não vou explicar, eu vou falar assim, pra mecânica clássica é necessário existir o espaço absoluto, mas eu não vou falar sobre ele.
- 135 **N:** É mais ou menos o que acontece né?
- 136 **M:** Vou só dizer que é uma coisa matemática que eu preciso pra explicar, pra fazer conta.
- 137 **N:** Mas, é mais ou menos isso o que acontece nas aulas.
- 138 **M:** Quando foi tirando, essa visão de mundo do Newton, foi tirando, porque foi mudando também. A visão de mundo da Ciência hoje é a da Relatividade Geral e da Mecânica Quântica. Não tem mais esse “negócio de Newton”. Virou só uma ferramenta. As equações de Newton. E aí quando volta pro Ensino, fica sem sentido porque falta a visão de mundo que tá por trás. A visão de mundo que tem hoje não vai conseguir. Mas enfim, eu entrei numa discussão que não precisava ((Risos)).
- 139 **V:** Então, mas, então, eles fazendo isso, como que eles provaram a força centrífuga?
- 140 **M:** Não, ele simplesmente falou assim, as equações que Newton criou ((Pausa)) beleza, a gente usa, elas servem pra explicar. ((Inaudível)).
- 141 **O:** Elas servem e beleza. Aceitamos. ((Risos))
- 142 **M:** Não interessa o que existe por trás e por quê.
- 143 **V:** Se quiser um espaço independente tem que provar que ele exista.
- 144 **M:** Na verdade não é nem provar, é dar argumentos ((Pausa))
- 145 **V:** Dar argumentos ((Pausa))
- 146 **M:** Não chega a provar.
- 147 **V:** Mas, você, não acreditando, qual seria o seu argumento da força centrífuga?
- 148 **M:** Eu não acreditando ((Pausa)) então, essa é a minha próxima pergunta pra vocês. Agora é ao contrário.
- 149 **V:** Mas a gente acredita ((Risos)).
- 150 **M:** ((Risos)) Eu quero fazer um exercício pra ver se vocês compreenderam o argumento.
- 151 **D:** Uma pergunta. Que eu não sei se ((Pausa)) o espaço, vai ((Pausa)) vamos supor que ele é absoluto. Ponto. Mas, e o movimento do espaço? Tem? Ele é absoluto e tá parado ou tá se movendo?
- 152 **M:** Pro Newton ele tá parado.
- 153 **D:** Então ele ((Pausa))
- 154 **M:** Ou poderia estar em movimento retilíneo e uniforme. Mas pra ele tá parado.
- 155 **R:** Poderia tá em movimento retilíneo?
- 156 **M:** É, pela teoria de Newton sim, só que ((Pausa))
- 157 **N:** Porque ((Pausa))
- 158 **M:** Pra ele tá parado porque não faz sentido, porque pra ele tá relacionado com

Deus. Deus existe no espaço e a definição da existência é existir no espaço e no tempo. Se ele existe então automaticamente já existe o espaço e o tempo. Se o espaço está se movendo, então Deus estaria se movendo, sabe? Entra em contradição com Deus. É engraçado, é legal discutir isso. O que você iria falar?

- 159 **F:** Se ele tá infinito ((Pausa))
 160 ((Inaudível))
 161 **F:** O espaço fica aonde? Um dentro do outro ((Pausa))
 162 **M:** ((Risos))
 163 **F:** Faz sentido se for cíclico.
 164 **N:** Se ele for um ((Inaudível)) ele pode tá se movimentando.
 165 **V:** Na época, falaram alguma coisa pra Newton?
 166 **M:** Então, surgiram várias objeções, porque ((Pausa))
 167 **V:** ((Inaudível))
 168 **M:** Por exemplo, o Leibniz, falou: meu, sua teoria faz com que o espaço seja Deus. O espaço é onipresente, pode fazer força nas coisas, é Deus o espaço! Então isso leva ao ateísmo, porque você pode dispensar a existência de Deus pela do espaço.
 169 **F:** Por que que o espaço pode fazer força?
 170 **O:** O balde ((Pausa))
 171 ((Risos))
 172 ((Inaudível)).
 173 **M:** Bom, antes de responder a pergunta que ele fez, você queria falar alguma coisa?
 174 **V:** Não.
 175 **M:** Que vai fazer o contrário né. Eu acredito que o espaço é a relação entre coisas ((Pausa)) é, só voltando ((Pausa)) o movimento é mudança de lugar no espaço. E no tempo. Tudo que a gente fala serve pro tempo também. Tá? Depois, vai mudar isso com relação à simultaneidade e tal, mas depois a gente discute isso. É ((Pausa)) vocês entendem o que é espaço relativo com essa questão de mudança no espaço, quando é em relação com essa pessoa ou a essa ((Pausa)) vocês entendem isso? Ou eu falei meio ((Pausa)) né?
 176 **N:** Falou.
 177 **M:** ((Risos)) É ((Pausa)) que eu to pensando ao mesmo tempo.
 178 ((Risos))
 179 **M:** É ((Pausa)) o movimento é mudança de lugar ou de posição no espaço. Quando você considera o espaço absoluto, só existe esse lugar aqui e aí eu mudo de lugar e aí eu to me movimentando.
 180 **N:** Você tá se movimentando no espaço ((Pausa))
 181 **M:** O espaço é isso aqui, tá parado ((Pausa))
 182 **R:** É, o espaço tá parado né.
 183 **M:** Essa sala é o espaço ((Pausa)) e cada partezinha é um lugar. Onde o livro tá é o lugar do livro. Aí eu mudo o livro de lugar, eu mudei ele de lugar no espaço, então ele se movimentou. Isso é o espaço absoluto, é justificado pelo movimento absoluto. É a mudança de lugar absoluto. Agora, o movimento relativo, é a mudança de lugares relativos. Ou seja, aqui onde a gente tá, na verdade esse espaço aqui não tá parado, tá se movimentando né? Então, esse lugar que, por exemplo, se eu deixar parado aqui, esse espaço dessa sala não tá se movimentando. Agora, com relação ao Sol, tá mudando de lugar. Você percebe?
 184 **N:** Uhum.
 185 **M:** Só pra gente perceber a mudança, como que o movimento influencia na justificativa do espaço, se ele é relativo ou não.
 186 **N:** É, então. Esse é o argumento mestre? Seria?
 187 **M:** Pra quê?
 188 **N:** Se você for fazer um espaço relativo, eu e você, nós não estamos nos movimentando. Se for medir em relação tanto eu como você. Mas, tanto eu como você estamos nos movendo em relação ao Sol.

- 189 **M:** Uhum.
- 190 **N:** Certo? Então.
- 191 **M:** Então o quê? ((Risos)) Eu não entendi.
- 192 **D:** Ele quer dizer que as pessoas que tem ((Pausa)) que o espaço absoluto é relativo, é porque elas usam desse argumento chefe ((Pausa)) entendeu?
- 193 **M:** Ah, entendi. Fala ((Pausa))
- 194 **V:** É ((Pausa)) já chegaram a pensar o contrário, na verdade, em vez de os objetos se movendo em relação ao espaço, o espaço se movendo em relação aos objetos?
- 195 **M:** Eu acho que já. Já pensaram antes de Descartes. Eu vou dar uma olhada e te falo depois.
- 196 **O:** ((Risos))
- 197 **M:** Mas acho que isso não dá pra chegar em nada ((Pausa)) coisas experimentais, é ((Pausa)) experimento de movimento sempre faz medida de espaço e de tempo e faz a divisão. E aí como é que você vai explicar ((Pausa)) até dá, mas aí ((Pausa)) tem o tempo também. Eu não sei como é que ficaria esse rolo aí ((Pausa)) a gente pode pensar depois. Bom ((Pausa)) agora, o que eu ia falar ((Pausa)) bom, era só pra entender isso. A diferença ((Pausa)) por que que o movimento tava relacionado com o espaço. Porque quando a gente pensa em movimento, mudança ((Pausa)) de lugar no espaço.
- 198 **F:** ((Inaudível))
- 199 **M:** Bom, antes de eu entrar no Mach, eu vou explicar o balde pra ele.
- 200 ((Risos))
- 201 **M:** Tá, antes de entrar na resposta que o V pediu, que é se eu acreditar no espaço como uma relação, como é que eu explico o aparecimento da força ((Pausa)) porque isso é o que “pega” quando existem esses debates. A pessoa que acredita que o espaço é relativo que fala: ah, então me explica porque que existe uma diferença entre o movimento circular que aparece com a força e o movimento circular que não aparece. E aí que, por isso ficou tanto tempo como aceito, porque não conseguia explicar. Mas, antes de entrar nas respostas, vou dar uma certa tentativa de responder pra vocês. Não é respondido, mas eu vou mostrar caminhos que foram percorridos pra ((Inaudível)). Antes de começar isso, vamos voltar. Eu continuo achando que o espaço absoluto não existe. E eu quero perguntar pra vocês ((Pausa)) é ((Pausa)) porque assim, o movimento circular, vocês me deram o argumento de que no movimento circular aparece a força centrífuga. E se alguém mede essa força centrífuga, não pode ser com relação a nenhum corpo do Universo, tem que ser com relação ao espaço. Foi isso que vocês usaram pra me convencer, certo? Muito bem. Eu entendi agora que o movimento é absoluto, que o movimento circular pode ser absoluto, pode ser com relação ao espaço absoluto. Mas, e o movimento uniforme? Não aparece nenhuma força no movimento uniforme. Na velocidade uniforme não aparece nenhuma força pra detectar, pra saber se o espaço é absoluto ou não. Porque na teoria que vocês disseram do Newton, o movimento é verdadeiro, é a mudança de lugar no espaço absoluto né? Aí eu identificar o movimento circular onde aparecem as forças. Mas e os que estão em velocidade constante, como que eu vou identificar se não aparece força nenhuma?
- 202 **J:** Não sei.
- 203 **M:** Isso foi ((Pausa)) eu sou o Leibniz. ((Inaudível)).
- 204 **R:** ((Inaudível)). É um movimento inercial não é?
- 205 **M:** É.
- 206 **R:** É. Ele não tem força mesmo.
- 207 **M:** Tá, mas só que como eu vou diferenciar o movimento uniforme com uma velocidade diferente de zero do repouso? Como eu diferencio? Porque pra Newton tem o movimento verdadeiro. O repouso é aquele que não muda de lugar no espaço. E o movimento com velocidade constante é a mudança uniformemente do lugar no espaço. Eu preciso diferenciar esses daqueles em que

- aparecem força, o movimento circular ((Pausa))
- 208 **N:** Porque quando você tá, que tipo, seria uma coisa do ((Inaudível)). É ((Pausa)) porque ele ((Pausa)) quando tá em movimento circular uniforme, qual dos dois é o absoluto? É aquele que sente força, certo? Aí no caso, tipo, tem esse movimento ((Pausa)) vai, tem eu girando em volta de você. O movimento absoluto seria aquele que, dentre nós dois, que estará sentindo força de inércia. Agora, no seu referencial, quem tá girando? Eu. E no meu referencial? Você. Agora, beleza, dá pra provar quem pode fazer o movimento absoluto. Mas aí você quer saber quem, tipo, quando tem um movimento retilíneo uniforme. Qual de nós dois está em movimento de verdade? Então, porque no meu referencial.
- 209 **M:** Eu eu vou tá em movimento.
- 210 **N:** Você tá em movimento. Ai meu Deus, se você vai tá em movimento eu também vou tá em movimento. Eu não sei.
- 211 **M:** Percebe que não dá pra diferenciar. Então, nesse ponto não dá pra achar o movimento absoluto.
- 212 **F:** Eu acho que dá.
- 213 **M:** Como?
- 214 **F:** Você tem um espaço determinado, uma medida. Não medida, porque você não pode medir o espaço, mas ((Pausa)) a partir do momento que você consegue controlar a variação é ((Pausa)) do espaço você consegue controlar o movimento ((Pausa))
- 215 **R:** ((Risos))
- 216 **M:** Eu não entendi.
- 217 **F:** Existe uma pessoa parada e outra girando.
- 218 **M:** Não, girando tudo bem, eu to falando retilíneo uniforme.
- 219 **F:** Retilíneo, tá. Um retilíneo e outro parado. Se, uma pessoa se move no espaço ((Pausa))
- 220 **D:** É, não é?
- 221 **F:** Isso, tá certo o que ele falou. Ah, o espaço, a prova de que o espaço é absoluto também ((Pausa)) porque, tipo, o espaço entre eles vai ser relativo, porque cada vez que esse se afasta, o outro se afasta, parece que o outro tá se afastando em vez desse se afastar. Porém, se você, é ((Pausa)) marcar a posição dele no espaço, você vai ver que um tá parado e o outro não.
- 222 **M:** Como que você vai marcar a posição dele no espaço se o espaço ((Pausa)) não dá pra ver? Ele é invisível.
- 223 **F:** Ah, mas uma coisa no x, você consegue controlar posições.
- 224 **M:** Como? Imagina que só tem esses dois corpos no Universo. Só tem eu e você.
- 225 **N:** Se um tá amarrado no outro aí vai sentir a força e já era.
- 226 **M:** Mas aí não tá em movimento uniforme né?
- 227 **N:** Não, pode tá!
- 228 **N:** Não, claro que não.
- 229 **V:** É lógico que tá!
- 230 **N:** Tá, outro dia a T falou ((Pausa))
- 231 **M:** Se você puxar, tiver força, não dá mais né? Vai mudar.
- 232 **J:** Ah, porque daí a força vai diminuir ((Pausa))
- 233 **F:** Não, mas aí você uma usa extrema, tipo um trem ((Pausa))
- 234 ((Risos))
- 235 **J:** Mesmo assim vai diminuir ((Pausa))
- 236 **F:** Tipo o trem e a T.
- 237 ((Risos))
- 238 **F:** O trem ((Pausa))
- 239 **N:** Pode ser a T e ((Pausa))
- 240 **M:** Bom, última tentativa, alguém consegue explicar?
- 241 **F:** ((Inaudível))
- 242 **M:** Bom, Newton não conseguiu tá?

- 243 **J:** Se o Newton não conseguiu a gente vai conseguir? ((Risos))
- 244 **N:** Aí pega, e ajuda e responde.
- 245 ((Risos))
- 246 **M:** A relatividade restrita explica.
- 247 **F:** Mas ((Pausa))
- 248 **M:** Mas aí vai dizer que não dá pra diferenciar. Vai dizer que não dá e vai formular outras coisas que expliquem que não dá.
- 249 **O:** Mas como que consegue explicar isso?
- 250 **M:** Simultaneidade. ((Inaudível)). O tempo não vai mais ser absoluto. Ele sendo relativo vai ((Pausa)) sabe?
- 251 **V:** A gente não discutiu o tempo.
- 252 **M:** Tudo que a gente discutiu serve pro tempo por enquanto ((Pausa)) o tempo pro Newton.
- 253 **O:** Pode ser absoluto também.
- 254 **M:** É absoluto.
- 255 **N:** Pode parecer uma pergunta idiota, mas tem alguma coisa que é absoluta na relatividade?
- 256 **M:** Um monte ((Pausa)) a velocidade da luz é absoluta. Ela é a mesma em qualquer referencial. A medida de distância na geometria euclidiana, que é o teorema de Pitágoras lá, tem um equivalente em quatro dimensões. Isso ((Pausa)) essa expressão é válida em qualquer referencial. Eles vão explicar, o movimento medido em qualquer referencial, que é o que a pessoa que acredita que o espaço é uma relação entre corpos, a partir de outros absolutos, em vez de ser o espaço absoluto, a velocidade da luz vai ser absoluta e esse invariante vai ser absoluto.
- 257 **R:** E a velocidade é ((Inaudível)) também ((Pausa))
- 258 **M:** Uhum. E o legal é que quando vocês forem fazer relatividade, vocês vão perceber quais os problemas que tão por trás e aí dependendo do professor ((Risos)) vocês vão entender como é que responde. ((Inaudível)). Mas, tem todo um “barato” ((Inaudível)). Como é que eles resolvem? Eles não chegam a resolver ((Pausa)) onde que eu tava antes de falar de relatividade?
- 259 **R:** Tava falando que há diferença mesmo ((Pausa))
- 260 **M:** Ah, então, não dá pra diferenciar porque, não tem nenhum tempo que eu posso observar que diferencia o movimento retilíneo uniforme do repouso. O que que Newton falou, não foi Newton, foi Clarke. Não sei se vocês já ouviram falar. Que Leibniz estava trocando cartas com Clarke, que é um discípulo de Newton. Ele continuou o que Newton tava fazendo e ele defendia ele. Então, ele falou assim ó ((Pausa)) é ((Pausa)) pra existir uma aceleração absoluta, precisa ter uma variação da velocidade absoluta. Então, a velocidade absoluta precisa existir, mas eu não consigo detectar. Mas o que Leibniz criticava é que não existe uma velocidade absoluta. Entendeu?
- 261 **N:** Não, eu não consegui pegar.
- 262 **M:** Voltando ((Pausa)) falei demais. Leibniz, ele usou esse argumento. Se eu não consigo detectar a diferença entre o repouso e o movimento retilíneo uniforme, já que eu não consigo detectar, ele não existe. E pra Newton existia. Pra ele, tá mudando de lugar no espaço, mesmo não conseguindo detectar tem que existir uma velocidade absoluta. Só que só é detectável ((Pausa))
- 263 **N:** Por que que não existe?
- 264 **M:** Porque eu não consigo detectar. Você percebe? É esse tipo de argumentação que vai ((Pausa))
- 265 **F:** Por que não?
- 266 **R:** É, isso é filosófico. Ou você acha que existe e ninguém explica e não é visível ou você acha que ((Pausa))
- 267 **N:** Não, tá, mas é estranho não é?
- 268 **M:** Ah, é que nem falar que Deus não existe ou existe. É a mesma coisa, eu não posso provar. Aí vai da minha crença. Isso envolve muito ((Pausa)) as teorias da

- física tem muito disso, da crença do cara. Ele acredita que existe, ele vai atrás pra achar um argumento pra tentar provar ou mostrar que existe alguma consequência de um negócio que ele acredita.
- 269 ((Inaudível))
- 270 **M:** É. ((Risos)). E Leibniz, ele criticava Newton porque ele falava que não pode existir o espaço absoluto. É, e ele vai tentando achar argumentos. Ele não acredita que o espaço é absoluto, é só uma relação. E aí ele vai tentando achar argumentos, e ele começa por aí. Da velocidade, que é retilínea e uniforme, que é um movimento inercial, que não pode ser detectado. E o repouso também não. Não dá pra diferenciar um do outro, então não existe, porque só vai existir aquilo que eu consigo detectar. O espaço também não vai existir porque eu não consigo detectar.
- 271 **N:** Huum ((Pausa))
- 272 **M:** Eu sei que existe o movimento absoluto, agora, se é com relação ao espaço absoluto é outra história, entendeu? O movimento, existe um único movimento em que aparece essas forças centrífugas. Agora, a explicação que o Leibniz dá pra ele é outra. Só que a explicação dele é bem ((Inaudível)), espíritos que tem nos corpos, que chamam mônadas. E aí no final das contas ele não consegue explicar e ainda continua valendo o Newton.
- 273 **N:** Por que que o movimento pra ele é absoluto, mas o espaço é relativo?
- 274 **M:** Ah, é absoluto no sentido de que existe uma diferença, ele não é medido com relação a qualquer referencial.
- 275 **R:** É medido com relação ao referencial do espaço absoluto?
- 276 **M:** Então, pode ((Pausa))
- 277 **N:** Mas, não existe o espaço absoluto pra ele.
- 278 **M:** Então, então, tem um movimento que é o daquele da água subindo, por exemplo, que eu não consigo explicar esse movimento com relação a qualquer referencial. O quê que o Newton respondeu? Ah, é com relação ao espaço absoluto. O que o Leibniz vai falar? Eu não vou postular o espaço absoluto, porque eu não sei como faz pra medir. Ele vai inventar outra coisa pra explicar como aparece a força centrífuga. No caso do Leibniz ela vai existir no ((Inaudível)) que o corpo tem quando tá em movimento ((Pausa))
- 279 **J:** Nossa! Ele ((Pausa))
- 280 **N:** Eu resolvo subir!
- 281 **R:** Ele fugiu de uma coisa metafísica pra uma mais metafísica ainda!
- 282 **J:** Como assim? Só pra contrariar o Newton?
- 283 **N:** Você acredita na outra, mas e se tiver mesmo ((Pausa))
- 284 **J:** As duas são metafísicas! As duas são impossíveis de provar.
- 285 **M:** E aí vai indo né? E depois do Leibniz, ele não consegue ((Pausa))
- 286 ((Inaudível))
- 287 **M:** Ele não consegue uma explicação melhor, mas ele tem um argumento bom, que fala assim. Ele fala do princípio da razão suficiente.
- 288 **N:** Que legal!
- 289 **M:** Ele fala assim que não existe nenhuma razão ((Pausa)) você já ouviu falar desse princípio?
- 290 **N:** Não.
- 291 **M:** É bem ((Inaudível)). O princípio da razão suficiente, que é Deus não teria razão pra criar o Universo nesse lugar em vez desse. É assim, existindo o espaço absoluto, que é todo por igual, todo homogêneo, que eu não consigo diferenciar uma parte da outra ((Pausa))
- 292 **J:** Ele poderia criar em qualquer lugar.
- 293 **M:** Ele poderia criar em qualquer lugar. E Deus não faria isso porque ele não iria saber onde é que ele criou. ((Inaudível)). É que hoje em dia não se faz mais porque não envolve Deus.
- 294 **J:** Heresia ((Risos)).

- 295 **M:** Ele não saberia ((Pausa))por exemplo, se ele cria dois Universos, ele coloca um aqui e um aqui. E aí alguém troca de lugar, sei lá, um outro Deus ((Pausa)) ((Risos)), troca de lugar, Deus não ia reconhecer, não ia saber a diferença. Se forem dois universos exatamente iguais, pelo fato de o espaço ser todo igual e homogêneo, você troca de lugar, não consegue distinguir! Mas são diferentes. Deus não faria isso, porque ele vai olhar lá e vai conseguir saber onde ele tem que atuar ((Risos)).
- 296 ((Risos))
- 297 **O:** Faz sentido!
- 298 **M:** Faz sentido! É muito legal. Nessa época, tudo tava envolvendo Deus também. Newton também usava esse tipo de argumento pra dizer que o espaço existe.
- 299 **O:** O espaço existe porque Deus fez assim ((Risos)).
- 300 **M:** Porque Deus precisa dele pra existir. Aí começou: ah, se Deus precisa dele pra existir, então Deus não é tão poderoso assim.
- 301 ((Risos))
- 302 **N:** Então Deus não é absoluto! ((Risos))
- 303 **M:** Começou a criticar Newton ((Pausa))
- 304 **J:** O espaço é mais do que ((Pausa))
- 305 **M:** É heresia ((Pausa)) e aí Newton ficou tentando justificar. Não, não é isso que eu to querendo dizer ((Pausa)) ((Inaudível)). Bom, esse é o argumento do Leibniz. Agora vamos ver como é que o pessoal que acredita que o espaço é uma relação entre corpos vai responder como aparecem as forças centrífugas.
- 306 **N:** Mano, eu acho que as vezes pra mim parece que não só, tipo, não só porque a gente as vezes ((Inaudível)) pra dar certo, mas pra mim parece que todos eles as vezes falavam uma m*****, assim ((Pausa)) e pensava: p***! C*****, falei m*****!
- 307 ((Risos))
- 308 **N:** Não, é o seguinte ((Pausa)) eu não quis dizer isso! Aí daí que sai a nova teoria e aí ele nota que ficou bom no meio da “parada” e segue, tá ligado? Eu acho que deve ser muito assim! Newton deve ((Inaudível)) várias vezes!
- 309 **M:** Ah, sabe por quê que ele fica confuso no argumento que ele disse? Porque ele falou no começo, quando ele começou a escrever o livro dele, ele falou: eu não faço hipóteses, eu só faço aquilo que a experiência me mostra. Aí ele vai e postula um negócio que a experiência não mostra, o espaço absoluto. Aí ele fala, não, pera aí, ((Inaudível)), tem o efeito dele que a gente consegue observar.
- 310 **O:** Aí ele explica o balde ((Pausa)) ((Risos))
- 311 **M:** Tem os globos ainda, tem o balde e tem os dois globos. Bom, mas enfim, depois do Leibniz ((Pausa)) Newton é século XVII, 1660 mais ou menos que ele publica, e aí Leibniz é contemporâneo de Newton e isso fica até ((Pausa)) a mecânica clássica fica vigente até o século XIX, que é quando chega a relatividade. Mas antes disso, surgiram várias tentativas de tentar dizer que o movimento tem que ser relativo. Porque, não é esquisito que tenha um referencial privilegiado? O ideal seria que com relação a qualquer corpo se pudesse medir qualquer coisa ((Pausa)) cinematicamente falando, você vai, você pode medir qualquer movimento com relação a qualquer referencial que você vai conseguir prever onde ele vai tá e tal. Agora, dinamicamente com relação a essa força centrífuga que aparece, você ((Pausa))
- 312 **N:** É que sei lá, por exemplo, dinamicamente ((Pausa)) você tá falando que cinematicamente é possível. Tá. Vai, tem esse copo e esse copo se movimentando ((Pausa)) aí ((Pausa)) não importa o referencial, eu estou usando esse copo no caso. Esse copo pode tá acelerado. Mesmo assim, esse copo, dá pra prever o movimento dele.
- 313 **M:** É, ele vai ((Pausa))
- 314 **N:** Mas, então, quando você faz os cálculos você considera esse aqui acelerado, e acelerado é em relação a quê? Ao espaço absoluto.

- 315 **M:** Cinematicamente falando posso considerar que ((Pausa))
 316 **N:** Os dois estão acelerados.
 317 **M:** Ah, então vai tá parado. Eu só vou saber que tá parado.
 318 **N:** Não, eu não to falando que eles tem a mesma aceleração.
 319 **M:** Ah, ((Inaudível)), mas sempre quando eu vou medir é com relação ao outro.
 320 **N:** Então, mas aí é com relação ao outro e o outro já está com uma velocidade. E essa velocidade é com relação ao quê?
 321 **R:** Ao espaço absoluto.
 322 **J:** Não! Não dá ((Pausa))
 323 **M:** Não dá pra saber! Porque ó, pra medir o movimento eu só meço com relação a outro corpo, certo? Só com relação a outro corpo. Você tá nesse referencial. Você vai medir esse movimento com relação a você, não com relação ao espaço.
 324 ((Inaudível))
 325 **M:** O argumento que Newton dá é quando aparece a força, né?
 326 **J:** Por exemplo, se o copinho tá a dois quilômetros por segundo e o outro tá a quatro quilômetros por segundo, os dois tão indo ((Pausa))daí vai parecer que um tá parado e o outro tá a dois quilômetros ((Pausa))
 327 **N:** Ele tá parado com relação a quê?
 328 **J:** Em relação a um outro copinho!
 329 **N:** Então, mas ((Pausa))
 330 **J:** Ficaria quatro, mas com outro observador ((Pausa))
 331 **N:** Mas e em relação ao espaço absoluto?
 332 **J:** Com relação ao espaço?
 333 **N:** Essa vez, ele tá se movendo, é isso que eu to falando.
 334 **M:** Então, isso daí é efeito de ((Pausa))
 335 **J:** Sim, mas se tivesse o outro você não ia saber se tava se ele tava se movendo ((Pausa))
 336 **N:** É isso que eu to falando. Dinamicamente, se a gente usa o negócio do Newton, tem o espaço ((Pausa))
 337 **M:** Não, cinematicamente que a J tá falando.
 338 **N:** Cinematicamente. De qualquer jeito tem o espaço absoluto.
 339 **M:** O que você tá falando não dá pra provar. O que você tá falando, cinematicamente ((Pausa))
 340 **N:** Mas eu to falando que ele tem uma velocidade!
 341 **M:** A velocidade pode ser com relação a esse corpo, não precisa ser com relação ao espaço!
 342 **N:** Huum verdade.
 343 **M:** A necessidade de postular o espaço vem com a questão da força. Tem que ter ((Inaudível)).
 344 **N:** Não, é ((Pausa)) eu ((Inaudível)) ((Pausa)) tá certo.
 345 **M:** F e T?
 346 **F:** Você tinha que falar do balde.
 347 **M:** É, a gente vai falar do balde.
 348 ((Pausa))
 349 **M:** Bom, como vocês fariam se vocês acreditassem que agora o espaço é uma relação entre corpos, que não existe o espaço absoluto. Como vocês fariam ((Pausa))
 350 **F:** Eu acredito.
 351 **M:** É um de exercício ((Pausa)) ((Inaudível))
 352 ((Risos))
 353 **J:** Vai, fala ((Pausa))
 354 **M:** Bom, vamos agora pensar que você acredita. Vocês acreditam muito ((Pausa)) o espaço não pode existir! Tem que ter uma explicação pra inércia! Sabe, pra quando você tira um corpo da inércia aparece uma força e essa força não pode ser vinda do espaço, tem que ter uma explicação. Outra explicação. Como vocês

- fariam?
- 355 **O:** Então, eu faria ((Pausa))
- 356 **M:** Sem inventar mônada! ((Risos))
- 357 **O:** Aaah ((Pausa)) ((Risos)) Eu ia ((Inaudível)).
- 358 **M:** Esse tipo de pessoa que vai pensar em movimento sempre com relação a outros corpos. Então, a que corpo que vocês fariam o movimento em que aparece a força centrífuga?
- 359 **O:** Ah ((Pausa)) ((Inaudível))
- 360 **M:** Que assim, tem aquela dificuldade que a gente tava discutindo da outra vez, de que tem o movimento em que aparece a força centrífuga ((Pausa))
- 361 **V:** Sim ((Pausa))
- 362 **M:** E que você não consegue explicar com relação a nenhum outro referencial.
- 363 **O:** ((Inaudível))
- 364 **M:** É. Agora, a pessoa que não acredita que existe o espaço absoluto, ela vai tentar dar uma outra explicação para o aparecimento da força centrífuga. Que tipo de explicação vocês dariam? Por onde vocês começariam a pensar?
- 365 **J:** A força centrífuga tem ((Pausa))
- 366 **N:** Eu não sei.
- 367 **M:** Que é assim, você tem com relação aos corpos que você vai testando no Universo, você não consegue explicar, certo? Que foi lá o que a gente fez no balde. Mas aí, existe uma saída, pra você não explicar com relação ao espaço.
- 368 **O:** Seria com relação a, tipo, sei lá, ao Universo? ((Risos))
- 369 **M:** Ao Universo inteiro. Foi o que Mach pensou.
- 370 **O:** Quem?
- 371 **M:** Mach, é M-A-C-H. Pra ele, ele falava: ah, a gente não precisa, a gente não pode sair dos fatos, não pode sair do que é observável. A gente precisa levar em consideração só os fatos. Então ele fala assim: ah, aquele balde, quando aparece a força centrífuga, a experiência em si não diz que existe o espaço absoluto. A única coisa que diz é que quando o balde gira, aparece a força centrífuga em um movimento em relação ao restante do Universo, sabe? Não um movimento em relação ao espaço absoluto.
- 372 **O:** ((Inaudível)) ((Risos))
- 373 **M:** Não é? ((Risos)). Vocês conseguiram ver o ((Pausa))
- 374 **N:** Por que o ((Pausa)) é porque, sei lá, ele definiu ((Pausa)) a gente definiu o Universo todo como o espaço, ele definiu ((Pausa))
- 375 **M:** Não, mas não é o Universo, é ((Pausa)) todas as massas.
- 376 **N:** Então ((Pausa))
- 377 **M:** Não há relação entre elas.
- 378 **N:** Ele definiu tudo como ((Pausa)) e a gente chamou de espaço.
- 379 **O:** Por causa de uma relação que ele tem com um corpo ele causa uma deformação no movimento dele?
- 380 **M:** Isso. É como se fosse assim, a inércia ((Pausa)) o movimento retilíneo uniforme, aquele movimento inercial, ele é um movimento em linha reta com relação a quê? O Newton vai falar que é com relação ao espaço. Aí o Mach vai falar: não, o movimento retilíneo com relação a todas as massas do Universo. Você pega um ponto, sabe, quando você calcula massa vezes o raio e você acha um ponto onde todas as massas estão em repouso? Vocês já fizeram isso?
- 381 **N:** Ham? ((Risos))
- 382 **O:** Ele passou ligeiramente. ((Risos)).
- 383 **M:** Ache um ponto no Universo, que com relação a ele todas as massas do Universo estão em repouso.
- 384 ((Inaudível))
- 385 **M:** É o centro de massa.
- 386 **N:** Hum ((Pausa))
- 387 **M:** Aí ((Pausa)) não, imagina o seguinte.

- 388 **J:** Eu entendi.
- 389 **N:** Não, isso tá errado, isso tá errado ((Pausa))
- 390 **M:** Vamos pensar com dois corpos só no Universo.
- 391 **N:** O centro de massa deles não tá parado com relação ao ((Pausa)) mesmo sozinho.
- 392 **M:** Não, mas imagina que na média. Mesmo que um se mova aqui, o outro aqui ((Pausa))
- 393 **N:** Aaaah!
- 394 **M:** Não, mas vamos pensar no espaço, vamos pensar só com dois corpos no Universo. Só tem eu e ele. Nessa explicação de Mach, o meu movimento inercial é retilíneo uniforme com relação a ele. É com relação a ele, não com relação ao espaço. Certo? Se existir dois corpos meu movimento retilíneo vai ser com relação aos dois corpos. Tira uma média dos dois, pega o centro e vai ser com relação a esse ponto que meu movimento retilíneo acontece. Aí, três corpos, tem que ser com relação aos três. Todos os corpos do Universo. Tem que ser um ponto que, com relação a esse ponto que eu faço meu movimento retilíneo. Que assim estou em movimento retilíneo com relação a todos os corpos do Universo.
- 395 **O:** Hum ((Pausa))
- 396 **M:** E vai aparecer a força centrífuga quando eu acelerar com relação a todos os corpos do Universo.
- 397 **N:** Mas isso tá errado!
- 398 **M:** Aí ((Pausa)) ((Risos)) ((Pausa)) ele vai falar que aparece a força centrífuga ali na água do balde, pega um dos grandes argumentos do Newton, pega o balde lá e fala: ah, quem garante que se você não girar o restante do Universo, a água também não sobe?
- 399 **O:** Muita “brisa” pra pensar.
- 400 **N:** Não, faz sentido!
- 401 **F:** Só não sei o que é o balde!
- 402 **N:** Você deixa o balde parado e gira tudo em volta dele, quem garante que a água não vai virar? Beleza. Mas aquele negócio que você falou tá errado.
- 403 **M:** O quê?
- 404 **D:** Do mais ((Pausa))
- 405 **O:** Do ponto ((Pausa)) do centro do Universo.
- 406 **M:** Não, mas ele imaginou ((Pausa))
- 407 **N:** Não, péra. Não, calma ((Pausa))
- 408 **M:** Primeiro eles pensavam nessa época que ((Inaudível)).
- 409 **N:** Não, mas beleza. Ó, tem esses dois copos. Considera só eles dois como um centro de massa. O centro de massa muda quando eu faço isso?
- 410 **M:** Muda. Mas é com relação a outro corpo. Só tem um corpo, o centro de massa dele é aqui. Não considera esse, entendeu?
- 411 **N:** Mas eu to falando do centro de massa ((Pausa)) você não disse que o centro de massa dos dois ((Pausa))
- 412 **J:** Se tivesse dois ((Pausa)) ((Inaudível)).
- 413 **N:** Mas não é isso que eu to falando. O centro de massa entre eles dois tá aqui, certo?
- 414 **J:** Sim.
- 415 **N:** Você disse que independente do movimento que esse faça, ele vai tá parado com relação ao centro de massa dele?
- 416 **M:** Não, não foi isso não. Ó, esse corpo aqui, quero medir o movimento desse corpo. Um movimento retilíneo uniforme, um movimento inercial com relação a esse. Como só tem um corpo, só tem um centro de massa. Então eu só vou pegar o corpo com relação ao qual eu estou medindo os movimentos. Eu não pego esse. Esse aqui ((Pausa)) eu não vou medir com relação a ele mesmo.
- 417 **J:** Mas se fossem três corpos.

- 418 **M:** Aí, se fossem três corpos.
- 419 **J:** Aí seria a mão dele ((Pausa)) ((Risos))
- 420 **M:** Dois corpos, aí sim, a média dos dois, o centro de massa é aqui. Então é o movimento retilíneo uniforme com relação a esse centro.
- 421 **N:** É, e se esse daqui tiver se movendo?
- 422 **M:** A média do movimento deles. É que na época não se sabia que as estrelas ((Pausa)) é ((Pausa))
- 423 **N:** Mas é só você pensar em três coisas se movendo. Três folhas.
- 424 **M:** Mas numa média, se uma se mexe pra cá e a outra pra cá, na média o ponto ((Pausa)) o centro de massa vai continuar igual.
- 425 **J:** Mas e se os dois se mexem e um fica parado?
- 426 **N:** Nossa, mas isso é acreditar em muita coisa que não ((Pausa)) ((Inaudível)).
- 427 **M:** Não, to só mostrando tentativas.
- 428 **R:** É porque pensando que tudo tá se mexendo, etc, esse ponto já nem existe mais, não é isso?
- 429 **M:** É ((Pausa)) não ((Pausa))
- 430 **N:** Não, ele existe. É o centro de massa do Universo.
- 431 **R:** Então o centro de massa ((Pausa))
- 432 **M:** Então, esse argumento é ótimo porque é “fura” o argumento do Mach. Por quê? Pra você saber usar essa teoria dele, eu teria que saber onde estão todos os corpos do Universo e saber onde eles vão estar em todos os momentos. Isso é impossível empiricamente. E aí ((Pausa))
- 433 **N:** Não, mas pra ele parece que o centro de massa do Universo não se move.
- 434 **M:** Então, mas ((Pausa))
- 435 **N:** Porque na média, não, porque na média. Então, mas na média, tem lugar que você não sabe.
- 436 **M:** É ((Pausa))
- 437 **N:** Porque você não sabe a posição e nem a velocidade de todos os corpos do Universo. Porque pensa assim, ó, pensa em dois corpos, certo? O centro de massa dele se move quando só um se move? E quando os dois se movem em sentidos opostos? O centro de massa permanece igual. O que mata o argumento é que tipo, misticamente, tipo, os movimentos eles se completam.
- 438 **M:** Não, ele não diz que é assim no Universo. Ele fala que teria que ser assim pra ele conseguir explicar a força centrífuga.
- 439 **R:** Ah tá ((Pausa))
- 440 **M:** Aí quando vai na parte empírica que ele não consegue, porque ele não sabe onde estão todos os corpos do Universo pra conseguir achar esse centro de massa em relação ao qual eu vou medir os movimentos.
- 441 **N:** Não dá pra provar que o centro de massa não se move.
- 442 **M:** Também não, porque eu não sei onde são todos os corpos.
- 443 **N:** Ao mesmo tempo que não dá pra provar que ele se move, porque a gente não sabe, precisa dos mesmos dados.
- 444 **M:** Não, você chegou no argumento, que é um argumento que, se eu não me engano foi o Euler. Não, o Euler é antes ((Pausa))
- 445 **N:** Eu não sei o que que eu to falando. Eu não sei que argumento eu tirei.
- 446 **M:** Você usou o argumento de que não é possível saber onde é o centro de massa pra poder medir o movimento inercial e pra poder explicar o aparecimento da força centrífuga a partir desse ponto.
- 447 **D:** É, ele falou isso.
- 425 **O:** ((Risos))
- 426 **M:** Ele ia explicar assim. O movimento acelerado com relação ao centro de massa do resto do Universo é que iria provocar uma força centrífuga. E essa força

centrífuga seria causada por todas as outras massas do Universo. Então, por exemplo, se o Universo tivesse menos massa, os corpos teriam menos inércia também. Sabe, eu conseguiria empurrar um caminhão “de boa”, porque a inércia do caminhão depende do restante do Universo. E aí o legal é que Einstein foi levado por essa ideia aí, ele achou “muito louco” ((Risos)). E ele tentou fazer isso na prática. Ele falou: ah, já que o Mach não conseguiu, vou fazer uma teoria que consiga o que o Mach não conseguiu. E aí no final das contas ele também não conseguiu e acabou que o espaço continuou absoluto no sentido de depender ou não da matéria, continuou existindo independente da matéria, só que ele pode ser deformado. Então é relativo nesse sentido. Lembra daqueles sentidos que a gente viu na folhinha?

427 ((Inaudível))

428 **M:** Então, na relatividade só mudou no sentido ((Pausa)) qual que é o que deforma? Se deforma ou não. É físico não é?

429 **J:** É físico. ((Inaudível)).

430 **M:** É a influência sobre ele. Ah, é o físico mesmo. É o sentido físico. Nos outros sentidos o espaço ainda continua absoluto. Agora, tem um cara da Unicamp, vocês já ouviram falar do André Assis?

431 **O:** ((Inaudível)) do Einstein.

432 **M:** E ele defende o princípio de Mach, que é o movimento com relação a todos os corpos do Universo. E ele conseguiu fazer uma teoria inclusive que substitui a relatividade do Einstein.

433 **O:** É?

433 **J:** O cara é da Unicamp?

434 **M:** É. Ele estuda e ((Pausa)) ele não é aceito. Parece que tem alguma falha, mas ninguém consegue debater com ele, quando ele ((Pausa))

435 **J:** Mas, como que é?

436 **M:** Ele considera que no Universo só existem coisas relativas, por exemplo, eu e você ((Pausa))

437 **J:** Até a velocidade é relativa? Tudo?

438 **M:** Até a velocidade. Tudo. Qualquer corpo você pode tomar como referencial pra medir qualquer corpo. E ele consegue chegar na ((Pausa))

439 **N:** Isso parece ser convincente não parece?

440 **J:** O quê?

441 **M:** Isso de qualquer referencial né?

442 **N:** Parece! Pra mim, sei lá, eu acredito na outra parte, mas pra mim parece convincente.

443 **M:** Então ((Pausa))

444 **J:** É igual a teoria de Aristóteles, é muito convincente. ((Inaudível)) porque a gente consegue ver isso.

445 **M:** A teoria do Assis chama mecânica relacional, se vocês quiserem eu tenho. Essa sim é relativa mesmo. É tudo relativo, pode pegar qualquer corpo e medir qualquer movimento e você consegue chegar na força centrífuga. A Relatividade Geral não é totalmente relativa, tem um monte de coisa absoluta.

446 **O:** Mas, ele parte do quê pra chegar nisso?

447 **M:** Ele parte do eletromagnetismo de Weber. ((Risos))

448 **O:** Hum ((Pausa)) ((Risos)).

449 **M:** Que eu não vou conseguir explicar. Eu tava tentando ler ((Pausa))

450 ((Pausa))

451 **M:** Bom, só pra terminar isso do Mach, ele não conseguiu achar todos os corpos do Universo, pra saber onde estão todas as massa. E tinha uma outra questão. Essa ação da força centrífuga teria que ser a distância, como se fosse uma variação da

- gravidade.
- 452 **M:** À distância, em vez de eu encostar no corpo ((Pausa)) é diferente. O espaço estando em todos os lugares ((Pausa))
- 453 **N:** Seria uma coisa dos corpos, sabe, porque ele vai ((Pausa))
- 454 **J:** Eu não entendi.
- 455 **M:** Se todas as massas influenciam no aparecimento da força centrífuga, essa força é à distância, certo? Não é encostando, que nem o espaço. O espaço. Não é que o espaço tá empurrando ((Pausa)) ele é a causa, só que ele está em todos os lugares. Ele não tá a uma distância do corpo.
- 456 **N:** Mas e daí? Beleza ((Pausa))
- 457 ((Risos))
- 458 **M:** É que tinha uma ((Pausa))
- 459 **N:** Até aí suave. A Lua faz força em mim cara.
- 460 **M:** Então, isso aí, essas coisas que a gente discutiu no grupo, foi um pouco antes de Newton falar da gravitação. Não existia ainda nada que falasse de ação a distância. Era muito estranho falar de uma coisa que atua à distância. Depois que o Newton fez que ficou mais legal de aceitar. Mesmo o próprio Newton não queria acreditar nisso. O Descartes explicava com os vórtices lá ((Pausa))ele tava girando e levando os planetas. Bom, é isso ((Pausa)) vocês querem fazer mais alguma pergunta? E o balde?
- 461 **F:** Eu já entendi.
- 462 **M:** Já entendeu o argumento do balde?
- 463 **F:** Já.
- 464 **M:** Quer que eu explique mais alguma coisa?
- 465 **F:** Não.
- 466 ((Risos))
- 467 **F:** To tentando entender outra coisa. Sabe um negócio de ((Inaudível)).
- 468 **M:** Nossa, é a mesma que apareceu né? A mesma questão apareceu da outra vez. Ele até desenhou um copinho.
- 469 **J:** Ah, é verdade!
- 470 **M:** Fala pra ele aí ((Pausa)) ((Risos)). Não é a mesma coisa.
- 471 **F:** Não, eu sei que não é a mesma coisa.
- 472 **D:** Aquela pergunta que você tinha feito, se girar todo o Universo, o balde fica parado ((Pausa)) como é que é que você fez a pergunta?
- 473 **M:** É se em vez do ((Pausa))
- 474 **N:** Mas, por mais que você girar o copo do jeito que o F tá falando e você girar o Universo, cai a água?
- 475 **F:** Não, mas não é isso que eu to falando!
- 476 ((Risos))
- 477 **M:** Não deveria cair né, só deveria aparecer a força centrífuga no movimento.
- 478 **F:** O copo que eu to falando é aquele com dois fios. Coloca um copo cheio d'água ((Inaudível)).
- 479 **J:** Tipo uma montanha russa, que ela gira assim ((Pausa))
- 480 **N:** É ((Pausa))
- 481 **M:** Deixa só eu responder a questão dele rapidinho. O que ele falou assim, que é, se você gira o copo, aparece ((Pausa)) a água sobe. Se você gira o restante do Universo ((Pausa))
- 482 **D:** A água não pode subir, eu acho! Vai girar, mas não subir.
- 483 **M:** Então ((Pausa))
- 484 **D:** Que a água ((Pausa))
- 485 **M:** Não, o restante do Universo ((Pausa))

- 468 **D:** Sim sim. Beleza. A água, ela não só gira, como ela faz aquela forma meio côncava.
- 469 **M:** Uhum ((Pausa))
- 470 **D:** Certo? Quando girar o Universo, o Universo, quando ele vê a água meio côncava, esse o Universo é o que quiser, “saca”? Esse negócio meio côncavo. Porque se eu girar o Universo mais ou menos num plano assim, meio louco isso ((Pausa))
- 471 ((Risos))
- 472 **D:** Eu veria a água girar. Girar! Não fazer um ((Pausa))
- 473 **M:** Assim ó?
- 474 **D:** Não, acho que não.
- 475 **M:** Num plano eu ia conseguir ver contínuo né?
- 476 **D:** Tipo assim, se eu girar agora eu vou ver ((Pausa)) é ((Pausa)) eu to rodando em volta de você, você tá vendo eu rodando, mas você não tá me vendo fazendo assim né? Rodando e indo pra cima e pra baixo ao mesmo tempo.
- 477 **M:** Mas, se você fizer eu vou ver.
- 478 **J:** Não, mas ela tá girando e fazendo assim.
- 479 **D:** Isso.
- 480 **J:** Dependendo do ângulo que a gente vê. Ele disse que ela tá assim, vendo de lado ela tá assim.
- 481 **M:** Então, você vai conseguir ver se aparecer.
- 482 **D:** Então, mas não vai aparecer, porque não tem força pra água fazer assim se eu rodar o Universo.
- 483 **M:** Então, aí é a questão do Mach. Que é, como que ele vai explicar o aparecimento da força centrífuga?
- 484 **D:** É, como é que ele explicaria?
- 485 **M:** O movimento relativo aos outros corpos do Universo. Se a água está acelerada com relação ao restante do Universo, então aparece a força centrífuga. Percebe que o restante do Universo está fazendo o papel do espaço absoluto?
- 486 **D:** Tá fazendo o papel de uma força ((Pausa))
- 487 **M:** Ele vai aplicar essa força centrífuga, todos os corpos juntos, o resultado vai ser essa força centrífuga porque a água acelerou com relação a ele.
- 488 **D:** Então se tá tudo parado inicialmente, aí eu começo a girar o Universo eu vou ver a água fazendo isso porque o Mach falou que a água vai fazer isso porque a força centrífuga é em relação aos corpos do Universo que tão girando.
- 489 **M:** E ela aparece por um movimento relativo a eles. Quando você gira o resto do Universo, parece que é o quê? Que é a água que está girando. Então, a situação é a mesma.
- 490 **D:** Sim. Exatamente, é a mesma!
- 491 **M:** Cinematicamente. Então, aí a explicação dinâmica é, se a água ou qualquer outro corpo acelerar com relação ao restante do Universo, aparece a força centrífuga.
- 492 **D:** Hum, mas se o Universo acelerar em relação à água aparece a força centrífuga?
- 493 **M:** Sim, porque se você tiver no referencial de todo o Universo, você não vai ver a água acelerando?
- 494 **D:** Sim, vou ver a água acelerando.
- 495 **M:** Então, o critério dele é: se tiver um corpo acelerando com relação ao restante do Universo, aparece a força centrífuga. É assim que ele vai explicar, então, tanto faz girar a água ou girar o resto do Universo, que vai aparecer a curvatura. O problema é que esse experimento não pode ser realizado. Girar o resto do Universo e ver o que acontece. Você entendeu isso que eu falei?
- 496 **D:** Ah, eu não ((Pausa)) eu ((Pausa))
- 497 **M:** Não é provado, é um argumento só, que ele pensou.

- 498 **D:** Eu não acho que se girar o Universo a água vai ficar ((Pausa))
- 499 **M:** Não, você não acha, ele deu um argumento e não tem como provar. Você tem razão, toda razão de não acreditar. Agora, tem um experimento, que foi feito em 2011, que colocaram um giroscópio em volta da Terra e eles queriam medir se a Terra girando, fazia um efeito no giroscópio. É mais ou menos a mesma coisa que girar o resto do Universo ((Pausa))
- 500 **O:** O que é um giroscópio?
- 501 **M:** Vocês já viram no show de física aquela rodinha que eles pedem pro pessoal segurar ((Pausa))
- 502 **O:** Já, já ((Pausa))
- 503 **M:** Aquilo lá é um giroscópio, dependendo do movimento do outro corpo, ele vira pro outro lado. Aí se colocar ((Pausa)) um pião é um giroscópio, por exemplo. Ele fica empézinho ali porque ele tem cair por causa da força da gravidade ((Pausa))
- 504 **O:** E vai caindo pro lado oposto ((Pausa))
- 505 **M:** É. Aí eles colocaram um giroscópio em volta da Terra e tentaram medir se a Terra girando fazia uma força no giroscópio. Sabe, vocês percebem que é parecido?
- 506 **D:** Uhum ((Pausa))
- 507 **M:** A girar o resto do Universo? É girar uma massa grande ou então é como se eu pegasse o balde e fizesse ele bem grande assim, a borda dele ((Pausa))ele é bem gordo. E ver se o fato de ele girar provoca uma força na água. É o que o Mach tenta explicar, que essa força aparece por causa dos outros corpos. Se tiver menos corpos no Universo, tem menos força. E aí, deu certo o experimento, apareceu a força no giroscópio. E aí eles estão discutindo isso ainda. Mas é uma ((Pausa))
- 508 **N:** Mas como que você sabe que foi o negócio que fez?
- 509 **M:** Porque a teoria da relatividade ((Pausa))
- 510 **N:** Como é que você sabe que foi a Terra que fez a força no giroscópio e não alguma coisa? Alguma outra coisa? Podia ser o espaço.
- 511 **M:** É uma teoria que explica como o movimento aparece. Não é que você sabe, mas é a teoria que tem pra explicar.
- 512 **F:** Uma bola girando, Deus vai lá e ((Pausa))
- 513 **M:** É ((Pausa)) ((Risos)). Então, a teoria da Relatividade Geral não conseguiu fazer o que o Mach queria, por quê? Porque no final das contas o Universo vazio com um corpo só continua tendo inércia. Pra Mach não deveria ter. O corpo sozinho no Universo, ele não deveria ter inércia, porque a inércia dele não depende dos outros corpos?
- 514 **N:** Uhum.
- 515 **M:** Se ele tá sozinho no Universo e não tem outro corpo, então ele não deveria ter inércia. Agora, quando você vai pras equações de Einstein, tem inércia. Agora, quando você vai pras equações de Einstein, tem inércia num corpo no Universo vazio. Aí, Einstein abandonou as ideias de Mach por causa disso, porque não conseguia pegar todas as ideias dele e montar uma teoria.
- 516 **N:** Mas eu lembrei de uma coisa ((Pausa))
- 517 ((Pausa))
- 518 **M:** Agora vocês vão fazer o mapa ((Pausa))pode caprichar einh pessoal.
- 519 **D:** Aaah não. ((Risos))
- 520 **J:** De novo? ((Risos))
- 521 **M:** Quem tiver com preguiça e quiser fazer em casa.
- 522 **J:** Mas é o mesmo?
- 523 **M:** O mesmo, agora vê se acrescentou alguma coisa. Se houve mais alguma ligação

- ((Pausa))
- 524 **O:** O meu tava estranho, um pouco ((Pausa))
- 525 **J:** Mas pode fazer em casa? E a gente entregar depois?
- 526 **M:** Vocês querem fazer em casa e entregar na quinta que vem?
- 527 **J:** Eu prefiro fazer em casa.
- 528 **D:** É que a gente perde tempo de discussão né se ficar ((Pausa))
- 529 **M:** É, então.
- 530 **D:** É um argumento meu, você pode não acreditar ((Risos)).
- 531 ((Risos))
- 532 **J:** Apoiado!
- 533 **M:** Então vocês me entregam na quinta? Só que quanto ((Pausa))
- 534 **N:** Mas quando eu pensei na outra teoria, eu acho que a gente devia fazer aquele ((Inaudível)).
- 535 **M:** Pessoal, mas quanto antes vocês responderem melhor, porque se não as ideias não vão tá frescas. Então se responder hoje, por exemplo, em casa, é melhor. Pelo menos o mapa. E aí vocês respondem também o questionário. E aí entregam na quinta ((Pausa))
- 536 ((Pausa))
- 537 **N:** O problema é que antes eu comecei “mó suave” e agora eu não sei por onde começa. Eu não sei mais qual que é o início de tudo!
- 538 **M:** Não ((Pausa)) ó pessoal, essas perguntas, não é o que você acredita, tá? É no contexto da mecânica clássica. O quê faz sentido pra você na mecânica clássica. Lembra que eu pedia pra vocês comentarem as frases? Porque se for ficar no quê vocês acreditam ((Pausa)) a gente não chega em lugar nenhum.
- 539 ((Pausa))
- 540 **M:** Pessoal, posso fazer uma discussão final? Depois vocês ((Pausa))
- 541 **D:** Pode.
- 542 **M:** Perguntar pra vocês o quê que vocês acharam de tudo isso.
- 543 **D:** Oooown. Vem cá, dá um abraço.
- 544 **M:** ((Risos))
- 545 ((Risos))
- 546 **N:** ((Inaudível)) que mancada!
- 547 **D:** Não ((Pausa))
- 548 ((Risos))
- 549 **N:** Você só falou isso agora porque ((Pausa))
- 550 **D:** E tem que tirar foto!
- 551 **M:** O quê que vocês acharam, agora, sério!
- 552 **F:** Eu fico me perguntando assim, é uma pergunta mais abrangente, indo pro mundo real.
- 553 ((Risos))
- 554 **F:** Porque ((Pausa)) muitas das coisas que a gente falou aqui é muito mais importante do que muitas das coisas que a gente ensina no ensino médio. Tipo, hoje a população de ensino que nós temos hoje depende do vestibular. O vestibular dá ((Pausa)) é muito complexo. Hoje a escola é uma empresa.
- 555 **J:** A gente tem que virar robzinho pra passar.
- 556 **F:** Sim, esse é o problema. Parece que se uma pessoa quer física, e não conta, ela tem que fazer física e torcer pra ter um professor bom. Porque hoje em dia física tá tão banal, tem só as continhas, força igual a m.a.
- 557 **J:** Acho que é por isso que tem esse preconceito com as exatas.
- 558 **F:** Não é nem com as exatas. Eu acho que assim, tipo em matemática. Matemática é meio difícil você, eu mesmo acho difícil. O cara ser um professor de matemática

- é muito mais difícil que ser um professor de física. Porque ((Inaudível)).
- 559 **O:** Matemática?
- 560 **M:** Com a matemática, ponto. ((Inaudível)) o vestibular e acabou. Eu acho que, acho que pelo menos ((Inaudível)).
- 561 **J:** Muito mais humano.
- 562 **F:** Muito mais humano. Acho que ((Pausa))
- 563 **N:** É porque a física tem ((Pausa))
- 564 **F:** Essa discussão, esse grupo em si, me ajudou muito como crescimento individual e pessoal.
- 565 **D:** Óoooh! ((Inaudível))
- 566 **M:** Não, eu to feliz mesmo.
- 567 **F:** Porque ((Pausa)) não, é que assim ((Pausa)) eu já fui, já dei algumas aulas no estágio e a melhor coisa que eu recebi foi os meus alunos falando que gostaram da minha aula e o quê que eles aprenderam. Então é isso que eu faço, tenho que passar pras outras pessoas. E acho que pra mim tipo, foi fundamental, tipo, esse final que eu peguei e entendi tudo o que a gente tava falando, não que eu tenha aprendido, mas entendido. E foi tipo, ((Inaudível)) de verdade. Diferente e ((Inaudível)).
- 568 ((Inaudível))
- 569 **M:** Eu vejo o ensino muito como um ensino de outra forma de olhar pro mundo, mais do que o ensino de técnicas ou de ((Pausa)) faz parte também.
- 570 **F:** Eu vejo o ensino como um se não fosse um ensino, eu acho que o ato de você ser professor não é você ensinar, é você expor. Você tem que ((Pausa)) eu acho assim ((Pausa)) eu não sou obrigado a falar que nem, o exemplo clássico da minha vida. No golpe militar de 64, meu vô tava na polícia militar. Então eu conheço gente que tava no poder na ditadura, e eu conheço muitos caras que falam: não, o golpe militar é por causa disso, disso, disso, disso e disso. Os caras falavam totalmente o contrário, que nem, é ((Pausa)) eu já vi documentos, tipo ((Pausa)) de policiais falando que tipo, esse documento aqui foi porque ((Pausa)) por isso que a gente tirou Jango do poder, porque ele queria criar o comunismo. E vi tipo um professor falando: meu, olha isso aqui! Que coisa errada. Não que eu acredite em um ou outro, mas acho que o professor não tem que falar: isso é o certo e isso é errado. Tem que mostrar e tipo, se o sujeito não entende ((Pausa))
- 571 **J:** ((Inaudível)).
- 572 **F:** Eu acho que hoje em dia, principalmente em física e em história e geografia, que são as matérias que são abstratas, porque é ((Pausa)) como o professor disse no texto, é um jogo. As regras são: português, matemática ((Pausa)) e você joga um jogo com essas regras. E você precisa aprender que não é só isso, que no jogo não tem só ((Inaudível)). Mas, sei lá, eu vejo assim que eu não acho certo chegar no outro e falar assim: ó, essa aqui é a força centrífuga porque ela é reação disso e acabou. Sabe, tipo, você não ensinou o aluno a pensar que ((Inaudível)) a força centrífuga ((Pausa))
- 573 **M:** Respondeu perguntas que não foram feitas né?
- 574 **J:** É! Você não gerou perguntas na verdade. Você deu uma resposta antes da pergunta, porque depois ele vai chegar e ((Pausa))
- 575 **M:** Não, porque se você não fala qual foi a pergunta que foi feita, você chega na resposta, é por isso que não tem um entendimento né?
- 576 **F:** Ou trabalhos com ((Pausa))
- 577 **J:** Como que vai entender a resposta sem a pergunta?
- 578 **F:** Meu objetivo é construir um aplicativo pro ensino de física. ((Inaudível)). É ilustrar por meio de linguagem visual a física. Pra que não seja, tipo, o cara pega, olha assim o negócio caindo: ó que legal ((Pausa)) tipo o cara não entende o contexto geral ((Inaudível)), tipo, um peso aqui, aí tem um braço de todo

- tamanho, um braço desse tamanho e os pesos, colocando em equilíbrio e mudando a variação do braço. Tem muito aluno que sabe fazer conta, mas não sabe fazer isso. Eu acho que ((Pausa)) isso me trouxe muita bagagem, por causa disso, porque eu vi que ((Inaudível)). A licenciatura é esquecida. Eles prestam muita atenção pra pesquisa, pra isso, pra ((Pausa)) ah, a licenciatura é legal, mas não tira a importância do bacharelado ((Inaudível)). O problema é que, sei lá, o reitor ((Pausa))
- 579 **M:** Eu acho que deveria ter discussões parecidas também no bacharelado. Também é importante pro cara que vai seguir ((Pausa))
- 580 **J:** Sim sim ((Pausa))
- 581 **F:** Tipo, eu tava conversando com minha professora do colégio ((Inaudível)). Ela é tipo ((Inaudível)). Eu adoro ela, que tipo, é um dos motivos que eu gosto dela é que ela falou que tipo: ah, esse estágio tá totalmente errado. A gente não deveria ((Pausa)) como que você vai fazer um estágio pra uma pesquisa em tipo, cinco dias? Vinte horas? Não existe isso! É ((Pausa)) aquela disciplina que é um semestre de pesquisa e um semestre de ((Pausa))
- 582 **M:** Práticas.
- 583 **F:** Práticas. Práticas de ensino. Eu acho genial cara. Uma semana você tem aula outra semana você vai na escola aplicar o que você aprendeu na aula. É tipo ((Pausa)) sabe. ((Inaudível)).
- 584 ((Inaudível))
- 585 **N:** Eu acho exatamente isso, sabe. Eu, você ((Pausa)) eu acho que essas discussões, esses ((Pausa)) esse entender a física por trás, eu acho que isso que é física. Porque sabe, quantizar a física a gente aprendeu depois. É, sabe, se você pega a linha do tempo da física, a primeira coisa que veio é tentar explicar, e depois a gente viu que um método bom ((Pausa))
- 586 ((Inaudível))
- 587 **N:** É, tipo, tentar entender, tentar explicar. Depois que veio, depois que a gente percebeu que fazer conta é um método empírico de dar uma resposta. É assim por causa que tá aí, a matemática é essa aí, sabe. Eu acho que, tipo, é o que eu falo, tipo, pegando, tipo, quando você resolve um exercício. A física do exercício não é a hora que você tá fazendo a conta! Fazer a conta é fácil. Entre aspas, por favor. Tipo, fazer a conta, beleza. A parte física é quando você interpreta. Quando você sabe o que que é aquele W. Qual é o significado daquilo.
- 588 **F:** É muito mais importante na escola você explicar toda essa parte e deixar a parte matemática pra faculdade.
- 589 **N:** Sabe, tipo ((Pausa))
- 590 **M:** E pra quê tanto exercício né também? Acha que a física é resolver exercício.
- 546 **F:** Eu acho que ((Pausa))
- 547 **M:** Não, presta atenção, vocês passam numa disciplina aprendendo a resolver exercício. Se você consegue fazer exercício você passa na prova e você é aprovado, e aí você termina a graduação sabendo fazer o Moisés.
- 548 **O:** Fazer exercício ((Pausa))
- 549 **F:** Eu não sei fazer exercício ((Pausa))
- 550 **M:** E olhe lá né? As vezes nem direito ((Pausa))
- 551 **F:** Várias vezes, eu já, tipo ((Pausa)) um de cálculo. Eu fazia resolver o exercício, ele passava o exercício idêntico, só que mudava as variáveis, eu tá ((Pausa)) vamos lá ((Pausa))
- 552 **R:** Dá a entender que sua concepção filosófica de mundo e a física não tem nada a ver né? É impessoal, totalmente impessoal. Que a conta vai da conta e ((Pausa)) acabou. A partir daí você pode ter sua opinião de se o espaço existe ou não e etcétera, mas os postulados tão tudo lá e vão seguir.

- 553 **N:** A física é muito mais do que a conta.
- 554 **T:** Eu posso falar?
- 555 **N:** Não! ((Risos))
- 556 **F:** Fica na sua! Fala ((Pausa))
- 557 **N:** Ela ficou vermelha ((Pausa))
- 558 **T:** Do que ele falou, da educação. Então, eu acho que os alunos, eles tem uma base muito fraca, assim, na educação. Acaba que ((Pausa)) o meu ex-namorado, ele começou a dar aula esse ano. Ele postou um exercício de refração e tal pra montar as coisas. Ah, espelho côncavo, ah, bate aqui e não sei o quê. Ele deu as respostas no site. Ele tem um blog. Ele falou: ó, tem aqui, ensinou a fazer e tudo e todo mundo errou, porque tipo, ninguém foi atrás sabe. Eu acho que a gente dá tudo da gente pra ensinar alguém e não sei o quê, mas falta interesse do aluno.
- 559 **O:** Concordo.
- 560 **T:** Falta muito interesse do aluno. Eu via ((Pausa))
- 561 **F:** Eu discordo.
- 562 **N:** Calma ((Pausa))
- 563 **F:** Não é isso.
- 564 **T:** Eu via ele correndo atrás das coisas. Ele fez blog, ele passou como fazer em sala, fez no blog e tipo, os alunos não foram atrás. A maioria dos alunos errou o negócio, mas tinha a resposta em mãos, sabe? Ou se não, tava escrito lá no negócio, usar régua. Era nítido que a pessoa ((Pausa))
- 565 ((Inaudível))
- 566 **T:** É, usou o dedo pra fazer ((Pausa))
- 567 **M:** Mas será que não é assim porque um significado?
- 568 **F:** Isso que eu ia falar. Eu acho que ((Pausa))
- 569 **M:** Mas e se não faz sentido pra eles?
- 570 **F:** Eu acho que o aluno, não é o aluno que hoje em dia não corre atrás, é o sistema de ensino que ((Pausa))
- 571 **J:** É o método.
- 572 **F:** Que não ensina o aluno a correr atrás.
- 573 **T:** O ensino, ele não é ((Pausa))
- 574 **F:** Experiência própria.
- 575 **T:** Da quinta ao terceiro ano eu fiz escola do estado. Eu não via ninguém interessado com nada de educação. A educação é ruim? É um lixo. Eu entrei aqui sem saber um “A” de física.
- 576 **J:** Eu também.
- 577 **N:** Eu fui aprender em fundamentos quando eu fiquei de REC. Eu falei: meu Deus!
- 578 **M:** Eu acho que isso é uma consequência de uma coisa muito maior, social e cultura ((Pausa)) e uma das coisas é porque o adolescente de hoje não vê sentido nas coisas.
- 579 **F:** Eu acho que é por culpa disso também que ((Pausa))
- 580 **T:** Mas um menino de oito anos fala que odeia matemática. Ele tá aprendendo o negócio agora.
- 581 **M:** Os professores chegam lá, colocam as fórmulas na lousa e ((Pausa))
- 582 **O:** É um conjunto né? Não é só o aluno que não tem interesse. Não é só o professor que não consegue passar e também não é só o sistema que é o culpado. Acho que é um conjunto dos três.
- 583 **N:** É ((Pausa))
- 584 **D:** Então, é muita coisa errada. E então, calma ((Pausa))
- 585 ((Risos))
- 586 **M:** Desigualdade social entra também ((Pausa))

- 587 **D:** Não, é assim.
- 588 **F:** Educação como ((Pausa))
- 589 **D:** Do ponto de vista do ((Inaudível)).
- 590 **N:** Eu quero falar um negócio depois.
- 591 **D:** Que nem como começou aqui. Eu não sei se esse tipo de discussão deveria ser empregada de uma maneira, assim, obrigatória, na ((Pausa)) eu julgaria como se fosse mais uma optativa. Mas, obrigatória, assim, curricular, tanto o bacharelado quanto a licenciatura ((Pausa)) eu acho que, tipo ((Pausa)) ajuda, mas não é necessário. Há físicos muito bons lá fora que pensaram isso depois por si só ou nem pensaram e estudaram e nem estudaram e são tão bons quanto nós ((Pausa)) acho que ((Pausa))
- 592 **D:** A maioria dos físicos que fizeram alguma revolução na física também faziam essas coisas, porque eles estudaram.
- 593 **R:** É.
- 594 **D:** Então, mas eram filósofos, isso, porque eles estudaram, mas não ((Pausa))
- 595 **M:** Mas você acha que a gente não tem que proporcionar a oportunidade?
- 596 **D:** Não obrigatória. Tem que proporcionar ((Pausa))
- 597 **M:** E por que tem que ser obrigatório fazer a conta?
- 598 **V:** Dois errados.
- 599 ((Risos))
- 600 **J:** Exato.
- 601 **D:** Não, mas calma.
- 602 **V:** Acho que a discussão foi agradável porque foi uma opção.
- 603 **D:** Isso.
- 604 **D:** Isso!
- 605 **V:** Porque se fosse obrigatório ((Pausa))
- 606 **M:** O ensino inteiro deveria ser assim ((Pausa))
- 607 **V:** Teria a pressão ((Pausa))
- 608 **F:** O ensino nos Estados Unidos, quando você chega no colegial, você escolhe. Você faz as matérias que você quer e você entra na faculdade a partir dessas matérias. Você não precisa, você não precisa ((Pausa)) isso eu acho genial. E uma coisa que tipo, eu preciso falar mesmo, o meu negócio de POEB é sobre gestão escolar. E tudo que eu vi foi uma escola que tinha um bando de aluno que não sabia o que tava fazendo lá dentro, tavam lá por causa do ((Inaudível)). A escola tava uma “merda”. Era tipo, vai, setenta alunos, primeiro, segundo e terceiro ((Pausa)) tavam lá porque a educação eles achavam que era boa porque ela Anglo ((Pausa)) os professores tavam “cagando”. Uma professora chegou pra mim e falou assim: não vou dar aula pra eles porque eles já sabem a matéria. Eu não preciso dar aula. Eles viram isso o ano passado. Tipo, mano, eu vi uma grade de vinte professores, professores que queriam que no fim não tivesse aula.
- 609 **M:** Vamos deixar de lado a questão de, vamos supor que o físico não precise. Agora pense em você como professor.
- 610 **D:** Agora como professor de escola primária, assim, não de Universidade, mais de Universidade. Bom, a carga horária de disciplina já é um monte. Tem um monte de coisa que o aluno tem que aprender. Então, eu não sei se focar como especificamente nesse tema vai ser ((Pausa))
- 611 **M:** Ninguém tá falando pra se focar, mas e tá adiantando a graduação do jeito que tá? A gente tá chegando na escola sem fazer sentido nenhum ainda pro aluno. ((Inaudível)).
- 612 **D:** Ó, tudo bem. Então, eu não sei se ((Pausa)) vocês falam assim, mas eu acho que eu aprendi. Não sei se porque eu fui atrás também porque eu tinha curiosidade. Mas pra quê colocar um monte de fórmula ((Pausa)) não é colocar um monte de

- fórmula ((Pausa))
- 613 **M:** Sim, tem o ((Pausa))
- 614 **D:** O professor explica pouco, mas explica o que que você precisa saber, digamos assim, pra você aprender o básico, pra você discutir pelo menos o básico. Tanto é que, quando você perguntou da força centrífuga, a gente não sabia responder. Mas isso não é necessário.
- 615 **N:** Mas o problema é que ((Pausa))
- 616 **R:** Mas o que que é necessário?
- 617 **D:** É necessário saber somar, subtrair, dividir ((Pausa)) é necessário saber só ((Pausa))
- 618 **M:** Matemática até agora ((Pausa))
- 619 **D:** Matemática ((Pausa))
- 620 **M:** A matemática é uma disciplina, a matemática no ensino médio ((Pausa))
- 621 **D:** Eu acho que é legal saber como funciona algo, o funcionamento de uma planta, fotosíntese, dia e noite ((Pausa)) geografia, relevo ((Pausa)) coisas básicas ((Pausa)) história do mundo ((Pausa))
- 622 **M:** E saber refletir sobre a vida? Por exemplo, não é necessário?
- 623 **D:** É necessário ((Pausa)) pro aluno, só, tem que entender por ele. Não pode ((Pausa))
- 624 **M:** Você acha que ele vai aprender sozinho?
- 625 **D:** Isso é uma outra parte. Aí quem tá perdendo é ele. Mas eu não sei ((Pausa))
- 626 **R:** Eu queria expor minha opinião. Contrário na verdade.
- 627 **J:** O cara conseguiu ((Inaudível)) matemática com filosofia!
- 628 **M:** R ((Pausa))
- 629 **J:** Eu acho que a filosofia é ainda mais importante que a de matemática.
- 630 **D:** Mas eu acho que o cara consegue ser um bom biólogo, agrônomo ((Pausa))
- 631 **M:** A questão é ser um bom biólogo? A gente tá formando o cara no ensino médio pra ser alguma coisa?
- 632 **D:** Ele tem que ser alguma coisa no futuro, não é?
- 633 **M:** Sim, mas antes de tudo um cidadão, não? Antes de ele ser um biólogo ((Pausa))
- 634 **D:** Mas, o cidadão, ele não vai refletir sobre o espaço absoluto.
- 635 **N:** O D, rapidão!
- 636 **M:** Ele repetir isso, eu to ((Pausa)) é como se fosse uma dimensão ética. Eu to tentando entender outra forma de olhar pro mundo. Isso faz ele ((Pausa)) pode até indiretamente diminuir preconceitos de ele entender outras culturas por exemplo.
- 637 **D:** Aí teria que abordar diretamente, a sociologia, não a física ((Pausa))
- 638 **M:** Mas isso faz parte da física.
- 639 **D:** Não, mas estudar o homem em relação ((Pausa)) eu não sei, eu nunca tive uma matéria de sociologia, essas coisas. Mas, estudar o homem na sociedade não necessariamente o cara que estuda isso ((Pausa))
- 640 **M:** Não é o homem na sociedade, é questão existencial, de você olhar pra natureza e tentar entender, não é exatamente ((Pausa))
- 641 **D:** Fala, fala ((Pausa))
- 642 **R:** Eu queria dizer assim, que eu concordo como que você tá defendendo aqui na introdução do seu trabalho pro simpósio lá, que você passou pra gente ler. Como você diz que os pesquisadores defendem a inserção da História e Filosofia da Ciência, mas eles não tem a oportunidade, no próprio processo de formação, que é aqui. A gente não tem a não ser que apareça uma M com um grupo alternativo aí, pra discutir isso.
- 643 **M:** Tem optativa, só que ((Pausa))

- 644 **R:** Eu acho, pra mim teria que ser obrigatório porque, é ((Pausa)) eu acho que, eu acho o seguinte, na verdade. É ((Pausa)) a física passou por um processo de matematização que a gente tá estudando no curso de gravitação com Kepler e Galileu e daí pra frente cada vez mais, tal ((Pausa)) é, porém, a física, a Ciência como um todo existe a partir de questionamentos nossos a respeito da natureza. Assim, a gente observa a natureza, surgem inúmeras dúvidas e a gente passa a tentar responder perguntas com a ciência, “tá ligado”? E perguntas fundamentais que são fundamentais assim, acho que pra todo mundo. São perguntas como: quem somos nós, da onde veio isso tudo, pra onde vamos, etcétera. Eu acho que a física a priori ela nasce pra responder esse tipo de questão. Isso é parte intrínseca da física, tanto quanto hoje a matematização dela, “tá ligado”? Então assim, sem a matemática você fica numa física contemplativa, tal, do Aristóteles, que sei lá ((Pausa)) enfim, você dá uma “pirada” aí, ela não precisa bater muito com a realidade inclusive e tal. Hoje a física não é mais isso. Porém a física segue respondendo questões fundamentais da natureza. Então é assim, se a gente ((Pausa)) isso, como formação enquanto físico pra gente. Agora, a questão sala de aula, eu acho que ainda é mais crucial isso, por quê? Porque, pelo menos eu parto da opinião do ensino construtivista, de Piaget e etcétera, Vygostky, enfim. Vocês ainda vão ver isso.
- 645 **F:** Piaget e Vygostky são duas frentes diferentes.
- 646 **D:** Não, mas continua, continua.
- 647 **R:** Enfim, é ((Pausa)) bom, se a gente acha que o que o aluno tem que construir o próprio conhecimento por si próprio a partir de uma orientação, orientado do professor, eu acho que pela via da matemática isso, pelo menos eu que dou aula, isso não é ((Pausa)) é muito difícil gerar questionamento através da matemática, “tá ligado”? Porque a matemática é uma linguagem precisa, exata, indubitável e ((Pausa)) pronto. E você acaba ((Pausa))
- 648 **M:** Nem sempre.
- 649 **R:** E você acaba chegando e falando: olha ((Pausa))
- 650 **M:** Pera aí pra não complicar ((Pausa))
- 651 **R:** Ham?
- 652 **M:** Ele tá falando da matemática na física.
- 653 **D:** Ah, da matemática na física. Ah, pensei que era a matemática.
- 654 **M:** Que era o que você falou, você falou que ((Pausa))
- 655 **R:** Não, porque assim, é fundamental, por exemplo, explicar o $f=m.a$. É fundamental. É impossível porque precisa daquilo.
- 656 **N:** Uhum.
- 657 **R:** Mas aquilo é a síntese de um pensamento, que na verdade não é de um pensamento, duma série de debates históricos que estavam acontecendo desde Galileu, que começa a expressar a ideia da inércia, tal, enfim. Eu acho que é mais interessante a gente, quando a gente vai dar uma aula, sobre mecânica clássica. Você tem que trazer também essa contextualização, “tá ligado”? Porque isso surgiu em resposta às questões da natureza e surgiu levando-se em consideração todas as questões sociais de inquisição, de igreja, de tipo, senso comum da galera. É legal contextualizar que o pessoal não era alfabetizado nessa época “tá ligado”? Tem toda uma situação cultural que foge à nossa realidade de hoje, então o aluno chega ali, tipo: meu, $f=m.a$ “tá ligado”? Bom, você consegue explicar, tipo como surgiu a ideia? A quê que tava respondendo? Se o espaço é ou não absoluto, não sei o que. Você suscita esse tipo de discussão. Pra dar a ideia de que a ciência é algo construído “tá ligado”? Não que você entrega de bandeja. O conhecimento foi acumulado até hoje, hoje é o que a gente tem aqui, tá aqui “tá ligado”. Se vocês quiserem ser cientistas vocês vão continuar partindo daqui “tá ligado”?

- 658 **D:** Então, eu acho justo que ((Pausa))
659 **R:** É ((Pausa))
617 **D:** Em quanto tempo você acha que deveria falar isso?
618 **R:** Não, eu acho que tem que ser que nem ((Pausa))
619 ((Inaudível))
620 **R:** Eu to tentando ((Pausa)) é porque aí entra uma questão de currículo, tá ligado?
Tem que ser ensinado todas as equações que já se inventaram até hoje?
621 **N:** É que ((Pausa))
622 **R:** Calma, calma ((Pausa)) aí entra questões mais de ideologia e questões
filosóficas, “tá ligado”? Se você acha que tem que ou não, tipo, dar tudo o que tá
ali no currículo do ensino médio, por exemplo, “tá ligado”?