



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
EDUCAÇÃO
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA



SENTIDOS SOBRE REALIDADE PRODUZIDOS DURANTE UMA
ATIVIDADE DE RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE FÍSICA COM
ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO

Daniel Licéski Godinho

Florianópolis
2016

Daniel Licéski Godinho

SENTIDOS SOBRE REALIDADE PRODUZIDOS DURANTE
UMA ATIVIDADE DE RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE
FÍSICA COM ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção de grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Cesar da Silva.

Florianópolis
2016

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

Godinho, Daniel Licéski

Sentidos sobre realidade produzidos durante uma atividade de resolução de exercícios de física com estudantes de ensino médio / Daniel Licéski Godinho; orientador, Henrique Cesar da Silva - Florianópolis, SC, 2016.

164 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. imagens, modelos, realidade. I. Silva, Henrique Cesar da. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.

AGRADECIMENTOS

À Deus, ou se preferirem, à crença em sua existência, que sempre me fez e me faz pensar que posso, que consigo, que amanhã será melhor, que devo sempre fazer o que é mais certo, e sempre dar o melhor de mim;

À minha mãe, Bete, por todo o amor, esforço e dedicação;

Ao meu pai, Zezinho, por todos valores que compartilha comigo;

À minha esposa, Deise, pelo amor, apoio, leituras do texto, companheirismo e compreensão pela ausente presença em muitos momentos;

À minha filha de coração, Amanda, pelo amor, respeito, compreensão e todo carinho desde sempre;

Aos meus demais familiares e amigos, pelo apoio;

Ao meu orientador, professor Henrique, pelos ensinamentos, orientação e apoio.

Aos demais professores e funcionários do PPGECT, pela prontidão e compreensão em todos os momentos.

Aos professores e estudantes da Escola de Educação Básica São João Batista, onde eu aprendo muito mais que ensino.

À CAPES, pelo apoio financeiro durante parte da pesquisa.

À sociedade brasileira, que financiou toda minha educação básica, superior e pós graduação.

Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil – e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos (Albert Einstein)

RESUMO

Analisou-se os sentidos produzidos durante a realização de exercícios/problemas de física sobre representação de forças a partir de situações das imagens extraídas de um simulador computacional. A dinâmica da atividade, a relação com a realidade física e a cotidiana dos estudantes e, padrões de significações foram aspectos analisados. Encontrou-se estudantes que questionam a veracidade/ realidade da situação descrita pelos exercícios; que exemplificam/simulam situações parecidas com a do exercício em uma tentativa de solucioná-lo e; os que apresentam uma noção implícita de que os exercícios de física são modelizados. Os dados apontam que limitações representacionais dos simuladores, tanto da imagem, quanto do modelo físico-matemático adotado, podem ser características positivas para a discussão e produção de sentidos sobre realidade, desde a dinâmica da atividade proporcione isto.

Palavras-chave: realidade, modelos, imagens.

ABSTRACT

The meanings attributed during the doing of physics exercises/problems on forces representation from the situation of the images extracted from a computer simulation were analysed. The activity dynamic, its correlation with the physical and daily reality of the students, and the meaning attribution patterns were analysed. There were students who questioned the veracity / reality of the situation that was described by the exercises; students who exemplified / simulated situations that were similar to those in the exercises, in an attempt to solve them and; students who showed an implicit understanding that physics exercises are modelled. The data indicate that the representational limitations of simulators of both image and physics mathematics model adopted may constitute a positive characteristic for the discussion and attribution of meanings about reality, given the proper dynamic of the activity.

Key-words: reality, models, images.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Redação de Newton das Leis do Movimento.....	52
Figura 2 - Introdução da Atividade.....	72
Figura 3 - Item 'f' da Atividade.....	75
Figura 4 - Item 'g' da Atividade.....	81
Figura 5 - Item 'h' da Atividade.....	82
Figura 6 - Item 'i' da Atividade.....	83
Figura 7 - Item 'j' da Atividade.....	85
Figura 8 – Diagrama de forças do item 'j' da atividade.....	86
Figura 9 – Diagrama de forças gerado pelo simulador.....	87
Figura 10 - Item 'l' da Atividade.....	88
Figura 11 - Caixa sendo empurrada no item 'f'.....	90
Figura 12 - Diagrama de Forças.....	91
Figura 13 - Item 'a' da Atividade.....	93
Figura 14 - Item 'b' da Atividade.....	96
Figura 15 - Item 'c' da Atividade.....	97
Figura 16 - Item 'e' da Atividade.....	99
Figura 17 - Item 'f' da Atividade.....	101
Figura 18 - Item 'g' da Atividade.....	102
Figura 19 - Item 'h' da Atividade.....	104
Figura 20 - Item 'f' da Atividade.....	105
Figura 21 - Item 'g' da Atividade.....	108
Figura 22 - Resposta de E48.....	110
Figura 23 – Imagem gerada pelo simulador na reprodução do item 'b' da atividade.....	114
Figura 24 – Imagem gerada pelo simulador na reprodução do item 'g' da atividade.....	116
Figura 25 - Diagrama de forças produzido por G15.....	118
Figura 26 – Força aplicada para a direita.....	120
Figura 27 – Força aplicada para a esquerda.....	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de sistemas e seu respectivo objeto-modelo, modelo teórico e teoria geral	32
Quadro 2 - Desenvolvimento do planejamento anual por bimestre.....	53
Quadro 3 - Composição dos grupos com o tempo de gravação e itens da atividade transcritos	55
Quadro 4 - Aspectos Epistemológico da Atividade.....	63
Quadro 5 - Composição dos grupos com o tempo de gravação da atividade com simulador e respostas do questionário.	68
Quadro 6 - Introdução da Atividade	72
Quadro 7 - Item 'f' da Atividade	75
Quadro 8- Item 'g' da Atividade.....	80
Quadro 9 -Item 'h' da Atividade.....	82
Quadro 10 -Item 'i' da Atividade.....	83
Quadro 11 - Item 'j' da Atividade.....	85
Quadro 12 - Item 'l' da Atividade.....	88
Quadro 13 - Item 'a' da Atividade	93
Quadro 14 - Item 'b' da Atividade.....	96
Quadro 15 - Item 'c' da Atividade	97
Quadro 16 - Item 'e' da Atividade	99
Quadro 17 - Item 'f' da Atividade	100
Quadro 18 - Item 'g' da Atividade.....	102
Quadro 19 - Item 'h' da Atividade.....	103
Quadro 20 - Item 'f' da Atividade	105
Quadro 21 - Item 'g' da Atividade.....	108
Quadro 22 - Respostas da Questão '2' do Questionário	122
Quadro 23 - Respostas da Questão '5' do Questionário	125
Quadro 24 - Símbolos de Força: GREF _x PHET	127
Quadro 25 - Respostas da Questão '7' do Questionário	128
Quadro 26 - Respostas da Questão '7' do Questionário	128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVM - Adaptação do V de Gowin para a Modelagem

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

EJA – Educação de Jovens e Adultos

IFC – Instituto Federal Catarinense

LV – Laboratório Virtual

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PHET - Physics Education Technology

PPGECT - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

[/] – Transcrição incompleta

{} – Fala não identificada (Quanto à sua autoria)

[...] – Conteúdo da gravação que não tem relação com a análise

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
1. A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS CIENTÍFICOS	28
1.1. O OBJETO MODELO, MODELO TEÓRICO E A TEORIA GERAL	28
1.2. A IMPORTÂNCIA DOS MODELOS NO ENSINO DE FÍSICA	36
2. OS SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA	41
2.1. OS RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DE FÍSICA	41
2.2. OS SIMULADORES.....	41
3. A RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS	49
4. METODOLOGIA	51
4.1. A UNIDADE DE ENSINO	51
<i>Aspectos epistemológicos da atividade</i>	58
4.2. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE	64
5. ANÁLISE DOS DADOS	71
1º MOMENTO: EXERCÍCIOS SOBRE REPRESENTAÇÃO DE FORÇAS	71
<i>Categoria A: estudantes que questionam a veracidade/realidade da situação</i>	71
<i>Categoria B: estudantes que exemplificam/simulam situações parecidas com a do exercício</i>	92
<i>Categoria C: noção implícita de exercício modelizado</i>	105
2º MOMENTO: ANÁLISE DA ATIVIDADE COM SIMULADOR	113
3º MOMENTO: ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO	121
CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
ANEXOS	138
ATIVIDADE DESENVOLVIDA POR UM DOS GRUPOS	138
TRANSCRIÇÃO DE ÁUDIO	139
QUESTIONÁRIO	143
RESPOSTAS DA PERGUNTA 2 DO QUESTIONÁRIO	144
RESPOSTAS DA PERGUNTA 5 DO QUESTIONÁRIO	148
RESPOSTAS DA PERGUNTA 6 DO QUESTIONÁRIO	151
RESPOSTAS DA PERGUNTA 7 DO QUESTIONÁRIO	154

RESPOSTAS DA PERGUNTA 8 DO QUESTIONÁRIO156

INTRODUÇÃO

INSPIRAÇÃO

Durante a metade do curso de física-licenciatura no final de 2007, na Universidade Federal de Santa Catarina, após ter cursado algumas disciplinas como Psicologia da Educação e Didática Geral, percebi que conhecimento físico, apenas, não era o suficiente para enfrentar as dificuldades da aprendizagem desta disciplina tão temida e rejeitada por estudantes e até mesmo por professores de outras áreas. Acreditava que o ‘domínio’ sobre conteúdos básicos de física bastariam para evitar tais ‘traumas’, desgosto e desprezo por uma área tão fascinante desde de sua construção histórica até suas aplicações tecnológicas diversas, por sua inspiração à ficção científica, pela utilização indevida - por seu prestígio e sucesso - para fundamentar *coisas* e *leis* que estão longe de ser o que se chama, pelo menos neste momento histórico, de ciência. Este sentimento intensificou-se ao cursar outras disciplinas relacionadas ao ensino de física.

No segundo semestre de 2009 conclui o curso de licenciatura, e no ano de 2010 iniciei minha carreira docente, lecionando no ensino regular escolas públicas estaduais de Florianópolis e Palhoça e também na EJA (Educação de Jovens e Adultos) em escolas municipais de São José. Em 2011 lecionei em duas escolas estaduais de São José, em 2012 em duas escolas estaduais em Canelinha e Tijucas e no mesmo ano no IFC – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Camboriú, como professor temporário. Atualmente, sou professor efetivo do quadro do magistério do estado de Santa Catarina.

Neste período de prática docente, foram muitas as dificuldades encontradas para o exercício da função. Uma das primeiras dificuldades encontradas, em função da carga horária destinada à disciplina de física - duas aulas semanais - foi a de selecionar o conteúdo a ser trabalhado. Também encontrei dificuldade na escolha dos livros de referência para o preparo das aulas. Já, nas primeiras semanas foi possível perceber, além das

concepções sobre o conteúdo, o baixo nível de habilidade matemática básica¹ dos estudantes, o que não era exclusividade dos estudantes do primeiro ano do Ensino Médio. Esta última, talvez, seja o obstáculo mais enfrentado pelos professores de física, pelo menos em uma concepção de ensino de física em que apenas seu formalismo matemático seja priorizado. Não podemos, é claro, reduzir o papel da matemática na física sendo ela a linguagem que expressa os fenômenos naturais. Mas o contexto em que a física se constrói envolve além da matemática, aspectos culturais, econômicos e sociais, que tem ampla relevância, mas que na *práxis* escolar, são geralmente ocultados. Se todos estes aspectos fossem tratados em sala de aula, a prioridade ao formalismo matemático não seria um grande problema, mas ela se dá apenas sentido de habilidades na tarefa de resolução de exercícios, como se isso apenas, fosse ‘saber’ física. Isto, além de passar impressões errôneas da física, acaba privilegiando apenas os estudantes que apresentam boa habilidade em manipular equações, que são a minoria. Embora em minha formação acadêmica já tivesse o conhecimento de algumas críticas em torno desta concepção de ensino de física, quebrar padrões claramente estabelecidos em currículos, livros, vestibulares etc. era, e é, extremamente difícil, mesmo para profissionais com experiência.

Ainda no início da carreira, percebi que estudantes dotados de habilidades matemáticas básicas apresentavam, em geral, um maior rendimento² na compreensão dos conceitos, significados das unidades e na própria representação matemática de um fenômeno. É verdade que para isto, muitas vezes, se faz necessário somente da noção de diretamente e inversamente proporcional ou da diferença entre uma função de primeiro ou segundo grau, como afirmam Pinheiro, Pinho-Alves e Pietrocola (2001). Um exemplo é a explicação da diminuição da força em colisões de automóveis com *air bag*, nos amortecedores, etc. com o uso da Segunda Lei de Newton,

¹ Adicionar, dividir, diminuir, multiplicar e principalmente, isolar variáveis de uma equação.

² Apenas nos aspectos citados, nada podemos dizer a respeito das outras dimensões da construção do conhecimento físico.

em que é possível estabelecer uma relação entre o tempo e a força de impacto³.

Nos exercícios de cinemática, é comum perguntarmos o tempo que se leva para percorrer uma determinada distância com uma determinada velocidade. Em alguns casos, quando o estudante consegue isolar a variável t (tempo) e fazer a divisão correta, respondem, por exemplo, que $t = 5$ m/s, 5 km, 5 km/h mostrando que estes resultados não têm significado algum, ou seja, não está de nenhuma forma associado com a realidade. Em alguns casos, são questionados quanto ao tempo que eles (os estudantes) precisam para chegar à escola, e se eles responderiam 5 m/s, 5 km, 5 km/h ou se usariam uma unidade de tempo que é mais adequada: 5 segundos, 5 horas, 5 dias. Mesmo assim, este exercício parecia não ter significado real para muitos estudantes. Percebia, pelos comentários dos estudantes, que as equações da matemática e as da física eram concebidas por estes como sendo de naturezas bastante distintas.

Várias pesquisas analisam a dificuldade de se aprender e ensinar física e, há muito, são conhecidas tentativas de mudanças sob diferentes concepções. Entre eles, destacou-se um que tem sido objeto de estudo de alguns pesquisadores:

- A Física é uma ciência estruturada por modelos, muitos deles matemáticos, que são capazes de estabelecer relações entre conceitos, teorias e realidade, mas essa concepção raramente é enfatizada ou trabalhada nas escolas. A física tem um papel importante na compreensão do mundo pelas pessoas. Mas esse modo de compreensão, da física, tem características específicas. Segundo os PCN+ (2002),

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela

³ *Air bags* e amortecedores aumentam o tempo da interação, diminuindo a força aplicada.

construídos. [...] a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado (Idem, p.59).

São atribuídos ainda outros fatores:

- Nas redes municipais e estaduais de ensino, uma parcela significativa dos professores de física não tem formação na área. São professores de outras disciplinas, geralmente possuem formação em Matemática e Química que completam sua carga horária com a disciplina de Física;

- A carga horária da disciplina é pequena, o que torna difícil conseguir trabalhar o *modo de compreensão* da física citado no parágrafo anterior, constituindo assim uma prática docente meramente conteúdistas;

- A Física é uma ciência experimental e poucas escolas possuem laboratório didático equipado, além disso, as condições de trabalho⁴ dos professores e de funcionamento das escolas dificultam a realização de atividades experimentais;

Diante dessas perspectivas e das dificuldades anteriormente citadas, decidi ingressar no mestrado do PPGECT e procurar diminuir alguns de meus anseios profissionais.

Acreditando que uma possível razão da dificuldade no ensino-aprendizagem da disciplina de física pudesse estar relacionada ao desinteresse gerado pela distância entre ela e a realidade cotidiana dos estudantes, procurou-se responder nessa pesquisa a seguinte questão:

⁴ Pequena carga horária destinada ao planejamento e ao preparo das aulas.

Como os estudantes significam a relação entre as situações tratadas por um exercício e a realidade?

Para responder esta pergunta, situações de falas entre os estudantes em que se pode inferir direta ou indiretamente o que estes consideram como real nas situações apresentadas pela atividade foram analisadas. A pesquisa aportou-se em ideias produzidas no contexto da pesquisa em ensino de física, explorando primeiramente o caráter representacional dos modelos científicos no capítulo 1, principalmente os explorados pelo autor Mario Bunge, por este autor tratar explicitamente da relação entre teoria e realidade e pela relevância dada à sua epistemologia em outras em outros trabalhos infracitados. A realidade do realismo crítico, em que esta existe independentemente da existência humana e que pode ser acessada por meio de representações, foi assumida neste trabalho. Já o capítulo 2, trata do caráter representacional dos simuladores, por ter sido utilizado um desses na elaboração e execução da atividade aplicada aos estudantes. No capítulo 3, foram explorados superficialmente as atividades de resolução de exercícios e problemas de física, por ser a via por qual os dados brutos da pesquisa foram coletados.

O capítulo 4, apresenta os procedimentos metodológicos da pesquisa e no capítulo 5, a análise dos dados.

1. A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS CIENTÍFICOS

Historicamente, o conhecimento produzido pela ciência teve grande influência sobre o desenvolvimento da tecnologia e da sociedade, sendo que o inverso também é verdadeiro. Em vários momentos, fenômenos puderam ser explicados e previstos com sucesso pelos cientistas, e assim o empreendimento científico foi criando uma reputação de respeito perante a sociedade em geral. Esta relação criou algumas visões distorcidas sobre a ciência, que inspiram à sociedade, sentimento de confiança e segurança ao se deparar com termos do tipo: cientificamente comprovado. Esta visão se deve, em partes, por acreditar que a pesquisa científica possibilita conhecer a realidade em si da natureza, quando na verdade o melhor que se consegue são representações que se chamam de modelos.

As características da construção de um modelo segundo a epistemologia de Mario Bunge foram exploradas, por se julgar ser necessária uma melhor compreensão da dinâmica da construção do conhecimento científico por parte dos estudantes, embora não seja este o objetivo desta pesquisa. Acredita-se que estes necessitam, durante o ensino básico, desenvolver no mínimo, a consciência de que o real pode ser no máximo representado, e que apesar de serem apenas representações, são elas as responsáveis por todo desenvolvimento científico e tecnológico e conseqüentemente, pelo sucesso deste empreendimento. Não se considera que este trabalho possa desenvolver tal habilidade, propõe apenas, a expor algumas características da construção destas representações. A escolha pela exploração dos modelos a partir da epistemologia bungeana se deu pela relevância apresentada em pesquisas na área do ensino de ciências (MACHADO, 2009; BRANDÃO; ARAUJO; VEIT, 2008; MACHADO, VIERA; 2008; WESTPHAL; PINHEIRO, 2004; CUPANI; PIETROCOLA, 2001), entre outros.

1.1. O OBJETO MODELO, MODELO TEÓRICO E A TEORIA GERAL

Como já citado, um modelo é uma representação que permite compreender como a natureza funciona, embora não como ela é em si. Segundo Bunge (1974), há mais de um conceito para o termo 'modelo' e que nas

ciências teóricas da natureza e do homem parece haver dois sentidos principais: o modelo enquanto representação esquemática de um objeto concreto e o modelo enquanto teoria relativa a esta idealização. O primeiro é um conceito do qual certos traços podem às vezes ser representados graficamente, ao passo que o segundo é um sistema hipotético-dedutivo particular e, portanto, impossível de figurar, salvo como árvore dedutiva. (Idem, p.29)

Para o autor, “o conhecimento científico é constituído por ideias que se vinculam entre si mediante regras lógicas e se organizam em sistemas (teorias)” (1972 *apud* CUPANI e PIETROCOLA, 2002 p.103). Os modelos “são abordados na medida em que se procura relações entre as teorias e os dados empíricos. Estes são os intermediários entre as duas instâncias limítrofes do fazer científico: conceitos e medidas” (1974 *apud* PIETROCOLA, 1999, p.15).

Em sua obra, Teoria e Realidade, o autor diferencia os conceitos de objeto-modelo ou modelo conceitual e de modelos teóricos, que estão inseridos no processo de produção do conhecimento científico. Inicialmente, nasce o objeto-modelo, que pode ser qualquer representação de um objeto, seja ela, pictórica, conceitual ou matemática, cuja formulação se dá pela extração de traços comuns de indivíduos ostensivamente diferentes, agrupando-os em espécies (classes de equivalência) como o cobre e o homo sapiens. Caso queiramos que este objeto-modelo seja inserido em uma teoria, será necessário atribuímos propriedades suscetíveis de serem tratadas por teorias, mais especificamente, por uma teoria geral. A partir disto, é possível construir uma teoria específica sobre um objeto-modelo, ou seja, um modelo teórico. Segundo ele,

Não basta esquematizar um líquido como uma rede de molécula ou o cérebro como uma rede de neurônios: é preciso descrever tudo isso em detalhe e de acordo com as leis gerais conhecidas. Em outros termos, é necessário construir uma teoria do objeto-modelo – em suma, um modelo teórico. A teoria cinética dos gases é um modelo assim, ao passo que nem a mecânica estatística geral nem a termodinâmica o são, pois

especificam não as particularidades dos gases (Idem, p.16).

Os conceitos de modelo teórico e objeto-modelo são aparentemente simples, mas a relevância de suas características particulares no processo de construção do conhecimento e das suas relações com a realidade merece ser tratada. Primeiramente, o objeto modelo é uma representação, portanto não é o fato ou, na terminologia de Bunge, a *coisa*⁵ em si. Naturalmente, uma representação não possui todas as características de seu referente por serem imperceptíveis aos sentidos. Além da classificação por *traços comuns*,

[...] se se quer inserir este objeto modelo em uma teoria, cumpre atribuir-lhe propriedades suscetíveis de serem tratadas por teorias. É preciso, em suma, imaginar um objeto dotado de certas propriedades que, amiúde, não serão sensíveis. Sabe-se muito bem que procedendo desta maneira há o risco de inventar quimeras, mas não existe outro meio, porque as maiorias das coisas e das propriedades ocultam-se aos nossos sentidos. Sabe-se também que o modelo conceitual negligenciará numerosos traços da coisa e afastará as características que individualizam os objetos [...] (Idem, p. 14)

O autor apresenta outras características dos modelos teóricos e objetos-modelo relacionados à proximidade destes com a realidade e apresenta exemplos deste processo de modelagem. Diante do exposto até o momento, acredita-se que algumas limitações e características dos objetos-modelo já devem estar claras, mas outras foram expostas.

Segundo Bunge (1974), um objeto-modelo é sempre uma representação parcial e, esta última pode ser construída,

Tal representação será literal ou simbólica, figurativa ou inteiramente convencional. Em todo caso será parcial, pois ela a de supor que certas propriedades das coisas não merecem ser representadas, quer porque são

⁵ Terminologia de Mario Bunge

tidas como secundárias, quer porque as uvas estão ainda muito verdes⁶. (Idem, p.25)

Aqui, um exemplo usado por Machado e Souza Cruz (2011) da inserção de um objeto-modelo em uma teoria geral:

Para compreender, por exemplo, o comportamento de um gás confinado em um recipiente, começa-se atribuindo determinadas características a este objeto que, embora não sejam satisfeitas em um gás real, procuram apreender os aspectos essenciais. Uma primeira aproximação consiste em abstrair as variações de energia durante as colisões entre moléculas e, também, a ação das forças eletromagnéticas entre as moléculas, além de idealizar que o volume de cada molécula é nulo. Essas considerações fazem parte do chamado “modelo do gás ideal”, o qual, em nossa terminologia, é na verdade um objeto-modelo (Idem, p. 890)

Além de parcial, o objeto-modelo tende a incluir elementos imaginários, o que não é possível fazer sem o auxílio de hipóteses prévias (Bunge, 1974) como percebe-se no exemplo acima quando variações de energia são abstraídas e considerado nulo o volume de cada molécula.

Abaixo, são apresentadas por Bunge (1974, p.53 *apud* Pietrocola, 1999, p.16) outros exemplos de modelagem que podem tornar mais claros os significados dos termos e a construção dos modelos teóricos citados nos parágrafos anteriores:

⁶ A expressão tem o significado muito parecido com o ditado popular: “Quem desdenha quer comprar”. Nada mais é do que colocar defeito em algo só por que você deseja possuir e é impossível de conseguir. A origem da expressão vem da fábula “A Raposa e as Uvas”, por não alcançar a altura das uvas que queria comer, a raposa começa a dizer que as uvas estão verdes.

Quadro 1 - Exemplos de sistemas e seu respectivo objeto-modelo, modelo teórico e teoria geral.

“SISTEMA	OBJETO MODELO	MODELO TEÓRICO	TEORIA GERAL
Lua	Sólido esférico girando em torno do seu eixo, em rotação à volta de um ponto fixo, etc.	Teoria Lunar	Mecânica clássica e Teoria gravitacional.
Luar	Onda eletromagnética polarizada plana	Equações de Maxwell para o vácuo	Eletromagnetismo Clássico
Pedaco de gelo	Cadeia linear casual de contas	Mecânica estatística de cadeias casuais	Mecânica estatística
Cristal	Grade mais nuvem de elétrons	Teoria de Bloch	Mecânica quântica”

Extraído de: Bunge (1974, p.53 *apud* Pietrocola,1999, p.16)

Considerando ou não a limitação dos modelos, há de se analisar como estes são tidos como verdadeiros ou, já que são parciais, o quão se aproximam da realidade. Acredita-se que o valor das teorias se dá, na comunidade em geral, pelo nível de exatidão que elas explicam e/ou preveem os fenômenos, e não se ela se aproxima ou não da realidade. Por exemplo, como os estudantes do Ensino Médio ou mesmo da graduação apresentam dificuldades na compreensão de enunciados como as Leis de Newton.

Segundo estas leis, um corpo pode se movimentar com velocidade constante⁷ sem que uma força atue neste corpo, no entanto, perceber a ‘veracidade’ destas leis em condições ‘terráqueas’ se torna um grande problema, principalmente na maioria das escolas. Eis um problema: uma lei que não descreve imediatamente o cotidiano dos estudantes. São ‘perceptíveis’ somente quanto estas são controladas, em que se tem o objetivo de mostrar que esta é verdadeira, como em situações didáticas, pois para manter a velocidade de um corpo, é necessário manter uma força aplicada. Historicamente, ‘a veracidade’ de teorias científicas, algumas vezes, também se estabeleceram pela correspondência aos fenômenos, como as da natureza da luz, que se tornaram e deixaram de serem verdadeiras por esta razão. Não se está aqui reduzindo o processo de construção do conhecimento científico ao senso comum, mas sim apenas comparando a ‘aceitação’ de teorias.

Segundo Bunge (1974) para um objeto-modelo “frutificar, deverá ser enxertado sobre uma teoria suscetível de ser confrontada com os fatos” (Idem, p. 16). Se,

o modelo teórico T_s não concorda com os fatos e se for possível estar razoavelmente seguro que isto não se deve ao erro dos dados experimentais, será preciso modificar as ideias teóricas. [...] Assim, se certos dados acerca da propagação da luz na vizinhança do sol não dão certo, pode-se tentar, quer complicar o modelo do sol (por exemplo, elipsoide giratório, em vez de massa pontual), quer modificar a teoria geral da gravitação e/ou da luz. (Idem, p. 24)

Para Bunge (1974), existem muitas espécies de objeto-modelo e conseqüentemente, de modelos teóricos, quanto ao seu nível de profundidade. Em uma “extremidade do espectro, está a **caixa negra**⁸ dotada apenas de entrada e saída, que descrevem e predizem o comportamento de uma máquina ou organismo sem se ocupar, de sua composição interna e dos

⁷ Em módulo, direção e sentido.

⁸ “As teorias da caixa negra são também chamadas fenomenológicas” (Bunge, 1974, p. 69).

processos que ali ocorrem” como a cinemática⁹, a óptica geométrica¹⁰ e termodinâmica¹¹. Na outra extremidade do espectro “se encontra a caixa cheia de mecanismos mais ou menos escondidos que servem para explicar com comportamento exterior da caixa, estes são da espécie translúcida¹²” (Idem, p.18), como a mecânica estatística e óptica física.

As teorias da caixa negra são, portanto, aquelas cujas variáveis são todas externas e globais, quer diretamente observáveis (como a forma e a cor de corpos perceptíveis) quer indiretamente mensuráveis (como a diferença de potencial e temperatura). As teorias da caixa translúcida, de outro lado, contem além do mais, referências a processos internos descritos por variáveis indiretamente controláveis, que não ocorrem na descrição da experiência comum: exemplos de construtos hipotéticos são a posição do elétron, a onda, a fase, o gene e a utilidade subjetiva (Idem, p. 69).

É importante que as caixas, sendo elas negras ou translúcidas, sejam matematizadas. Sendo o conhecimento científico preciso por definição, deve ser formulada matematicamente (CUPANI e PIETROCOLA, 2002). A matematização de uma teoria, segundo Bunge (1974) indica o alcance de maturação científica suficiente em um determinado campo (idem *apud* CUPANI e PIETROCOLA, 2002, p.108). Segundo Bunge (1974),

Hoje em dia teorizamos sobre tudo [...] Mede-se atualmente o progresso científico por graus de avanço da ciência teórica melhor do que o volume de dados

⁹ “ou estudo do movimento sem levar em conta as forças envolvidas – estudo que fica a cargo da dinâmica, uma teoria típica da caixa translúcida” (Bunge, 1974, p. 69)

¹⁰ “ou a teoria dos raios luminosos, que não faz suposição acerca da natureza e estrutura da luz, um problema abordado pela óptica física, uma teoria representacional (Bunge, 1974, p. 69).

¹¹ “que não faz suposição sobre a natureza e o movimento dos constituintes do sistema, um problema tratado pela Mecânica Estatística, que é uma teoria da caixa translúcida” (Bunge, 1974, p. 69).

¹² “teorias da caixa translúcidas podem ser denominadas *representacionais*” (Bunge, 1974, p. 69).

empíricos. A ciência contemporânea não é apenas luz da experiência planejada, executada à luz de teorias. Tais teorias apresentam-se muitas vezes em linguagem matemática: toda teoria específica é, na verdade, um modelo matemático de um pedaço da realidade (Idem, p.10)

Mesmo sendo construídos por meios de métodos bastante estruturados, os modelos são representações limitadas que apenas se aproximam da realidade, mas assim se faz porque não se pode apreender a realidade em si, de forma que

Todo modelo teórico é parcial e aproximativo: não apreende senão uma parcela das particularidades do objeto representado. Eis que malogrará cedo ou tarde. Mas na ciência, mesmo a morte é fecunda: o malogro de um modelo teórico o levará a construção, quer de novos objetos-modelo, quer de novas teorias gerais [...] (Idem, p.30)

Vale questionar todo este empenho para apenas se chegue apenas nas proximidades do real e ainda correr o risco de que o 'objeto malogre'. Na obra *Teoria e Realidade*, Bunge (1974) dedica uma seção de um capítulo denominada Período de Perguntas onde responde quanto à argumentação de que sendo os modelos, idealizações, não constituíram recuos da realidade? A resposta de Bunge que é

os objetos-modelo e modelos teóricos versam supostamente sobre os objetos reais. Cabe ao experimento comprovar semelhante suposição da realidade. De qualquer modo, nenhum outro método, exceto o de modelagem e comprovação, mostrou-se bem sucedido na apreensão da realidade (Idem, p. 40)

Até o momento, algumas considerações sobre o uso dos modelos na construção do conhecimento em uma perspectiva bungeana foram tecidas; na

próxima seção aborda alguns aspectos relacionados à importância dos modelos no ensino de física.

1.2. A IMPORTÂNCIA DOS MODELOS NO ENSINO DE FÍSICA

A seção anterior, chamou a atenção sobre a necessidade de uma melhor compreensão da construção do conhecimento científico por parte dos estudantes. Segundo Cupani e Pietrocola (2002), o ensino é um processo de apropriação de determinados conhecimentos, assim, torna-se necessário conhecer sob que condições estes conhecimentos foram produzidos. Antes de se tornar conhecimento escolar o conhecimento científico, geralmente, passa por um processo inevitável de transposição didática. Este processo “implica numa desestruturação, onde ele é despersonalizado, desincretizado, desproblematizado, para em seguida ser reestruturado na forma de um novo conhecimento” (ALVES-FILHO et al, 2001 apud CUPANI e PIETROCOLA, 2002, p. 13). Assim, “o educador se vê obrigado a tomar decisões que irão modificar de maneira importante o conhecimento científico que ele pretende transmitir”, e sendo portanto um processo inevitável, deve-se “procurar trilhar os caminhos da transposição didática da melhor forma possível” (CUPANI e PIETROCOLA, 2002, p.13), o que não é auxiliado por alguns livros didáticos que

transmitem concepções errôneas sobre a ciência, seus produtos e métodos. O mito do observador neutro, do experimento crucial, da verdade absoluta das teorias, da descrição exata da realidade, etc. são legados de uma transposição didática permeada por uma concepção superficial da ciência experimental que acaba por reforçar o senso comum sobre o que seja o seu conhecimento (Idem, p.117)

O melhor caminho, neste contexto, a ser trilhado seria,

por um lado, evitar que o conhecimento científico escolar reflita uma imagem estereotipada e distorcida da ciência. Só parece capaz de realizar esta tarefa, o educador que puder aliar bons conhecimentos sobre o conteúdo que ele pretende ensinar com sólidas

formações nos domínios didático-pedagógico e epistemológico. Desta forma, se torna necessário entender os processos de produção da ciência, assim como as características e estatuto do conhecimento por ela produzido (Idem, p.117)

Para Pinheiro, Pinho - Alves e Pietrocola (2001), este conhecimento é constituído por teorias, que são estruturadas por modelos, que por sua vez são, segundo Pietrocola e Karam (2009), altamente matematizados. Segundo estes autores:

A estreita relação entre a produção do conhecimento e modelos devem ser considerados no processo ensino-aprendizagem de Física. Isso porque a compreensão e a reflexão sobre os papéis e as funções dos modelos podem contribuir para a compreensão de que aprender Física oportuniza a apreensão de uma forma de representação e interpretação da realidade (PINHEIRO, PINHO – ALVES E PIETROCOLA, 2001, p.33).

Se o conhecimento científico é estruturado por modelos, o aprendizado de física ou o conhecimento físico do estudante deva também assim ser estruturado. Espera-se que no mínimo as representações físicas, sejam elas matemática, pictóricas ou conceituais sejam tidas como tal, ou seja, uma representação de um recorte da realidade. A partir disto, a possibilidade de um ensino de física puramente conceitual ou baseado na aplicação de ‘fórmulas’ e macetes na resolução de problemas, em que não há uma aparente relação entre as equações e o fenômeno físico, não deve ser concebido, pois a compreensão dos conceitos exige estruturação matemática.

Segundo Pietrocola e Karam (2009), pesquisadores têm avaliado a importância dos problemas científicos no ensino de física, no entanto, alguns têm apresentado uma visão distorcida da matemática na ciência:

A importância da Resolução de Problemas para o desenvolvimento da Ciência tem inspirado diversos pesquisadores da área de ensino a avaliar a relevância dos mesmos no contexto escolar. Entretanto, parecem que alguns têm demonstrado uma visão

ingênua/ferramental em relação ao papel da matematização na ciência moderna. (PIETROCOLA e KARAM, 2009, p. 182).

Em consonância com Karam, estão Araújo, Brandão e Veit (2008), que segundo estes:

A modelagem, mais do que uma ferramenta útil para a resolução de problemas, pode contribuir de forma significativa para uma visão de ciência adequada à prática científica moderna, cuja essência está na criação de modelos (ARAÚJO; BRANDÃO e VEIT, 2008, p.11, grifo nosso).

Outra dificuldade encontrada no ensino é a maneira como os conteúdos são organizados nos livros didáticos. No ensino da Matemática e da Física, não há relação entre os conteúdos trabalhados em cada época, como é o caso da cinemática que usa funções quadráticas com até cinco parâmetros¹³ geralmente é trabalhada no primeiro bimestre do primeiro ano do ensino médio, enquanto em Matemática, os estudantes aprendem o que função no terceiro bimestre. Esta falta de sincronia é comentada por Karam (2001) quando expõe que: “não é preciso um grande esforço para perceber que essas duas áreas vêm sendo tratadas de forma independente e que, dessa forma, nossos estudantes não têm percebido suas inter-relações” (idem, p.6).

A modelagem matemática é um assunto amplamente discutido em feiras de Matemática e frequentemente relacionado ao Ensino de Física. No entanto, segundo Pietrocola e Karam (2009), “Algumas pesquisas têm sugerido a ideia de que a Matemática usada nos problemas de Física é semanticamente diferente da ensinada por professores de Matemática” (Idem, p.182). Esta ideia é partilhada também por outros pesquisadores, ao destacarem:

Embora grande parte do instrumental matemático necessário ao aprendizado dos conteúdos de Física já esteja disponível, percebe-se a acentuada dificuldade que muitos alunos apresentam para lidar com a Matemática em contextos diferentes, principalmente

¹³ Que para os estudantes são cinco incógnitas ou até mesmo variáveis.

no primeiro ano do ensino médio (PINHEIRO, PINHO – ALVES E PIETROCOLA, 2001, p.34).

A partir da análise de Bunge (1974), verificou-se que os modelos com melhor aproximação da realidade são aqueles que apresentam graus de maior sofisticação matemática. Os modelos têm um papel relevante no ensino de ciências (PIETROCOLA e KARAM, 2009; ARAÚJO; BRANDÃO; VEIT, 2008 PINHEIRO, PINHO – ALVES e PIETROCOLA, 2001). A função do modelo na ciência deve ser trabalhada em sala de aula, assim como, processos de modelização, mesmo diante das dificuldades apresentadas pelos estudantes e que modelização pode ser explorada com atividades experimentais e também com recursos computacionais.

O próximo capítulo explora o aspecto representacional dos simuladores no ensino de física.

2. OS SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA

2.1. OS RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DE FÍSICA

O desenvolvimento tecnológico sempre interferiu diretamente na maneira como se vive e o contrário também é verdadeiro. São exemplos a descoberta do fogo, a invenção da roda, da escrita, da imprensa, do telescópio, da máquina a vapor, do rádio, da TV e mais recentemente da informática. As tecnologias proporcionaram, na época em cada uma se desenvolveu, novas maneiras de se ver o mundo; a TV, a escrita, o telescópio, por exemplo, possibilitam construir novos conhecimentos. O telescópio, por exemplo, que a partir do uso astronômico por Galileu, possibilitou ver não só, diferentemente o que já se conhecia como a Lua terrestre como puderam construir um novo conhecimento com a descoberta das Luas de Júpiter: que nem tudo no universo girava em torno da Terra. Considerando o movimento oblíquo de uma bola de futebol, que tem por trajetória aproximadamente uma parábola: visualizado em um computador, este pode ser analisado em câmera lenta, com marcadores de trajetória, medidores de distância, etc., sendo então, consideravelmente diferente em uma TV ou mesmo ao vivo em relação às informações que se pode obter. Não se pode dizer que a quantidade de informações visualizadas irá garantir algum aprendizado, mas que se isto acontecer, será construído diferentemente do que na visualização de um movimento real.

2.2. OS SIMULADORES

O uso das simulações computacionais no Ensino de Física é discutido sob enfoques como as imagens (SILVA e COLARES FILHO, 2006; MEDEIROS e MEDEIROS, 2001), a modelagem computacional (ARAÚJO; VEIT e MOREIRA, 2012; FERRACIOLI *et all*, 2012; ARAÚJO; BRANDÃO e VEIT, 2008) e aspectos epistemológicos (SILVA e COLARES FILHO, 2006; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Para Podolefsky, Perkins, e Adams (2009), a simulações estão inseridas em um contexto sócio-econômico-cultural, sendo elas, ferramentas culturais destinadas a incorporar normas e práticas da comunidade física, a aprendizagem através da exploração.

O uso simulações computacionais no ensino de Física pode se apresentar como alternativa para os problemas relacionados às figuras estáticas dos livros-texto e às feitas pelo professor para representar fenômenos dinâmicos, embora os trabalhos tenham sugerido que não há diferenças significativas, há de se considerar também que muitos experimentos são de difícil execução por motivos diversos e as simulações sejam talvez a única opção de visualizar e também simular um fenômeno. No entanto, estas simulações apresentam alguns problemas de caráter epistemológico como o de não se apresentarem como um modelo aproximado da realidade, mas sim como uma representação fiel dela, de não envolverem aspectos como a heurística e os erros experimentais de uma experimentação real (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002). Entre os aspectos epistemológicos estão também os que se referem à iconicidade e não-transparência das imagens usadas nas representações dos fenômenos (SILVA, 2006), que foram discutidos melhor neste capítulo.

Muitas são as vantagens descritas do uso dos simuladores na literatura; além das citadas acima, destacam-se aquelas que se considera¹⁴ ser tal:

- Representação de experimentos de difícil ou impossível realização em uma escola como os de alto custo, perigosos, de fenômenos extremamente rápidos ou lentos (SNIR et al, 1988 apud MEDEIROS e MEDEIROS, 2002), com elementos radioativos ou no espaço (RUSSEL, 2001 apud MEDEIROS e MEDEIROS, 2002);
- Possibilidade de geração e teste de hipóteses por parte do estudante (GADDIS, 2000 apud MEDEIROS E MEDEIROS, 2002);
- Fornecer ao estudante um feedback imediato (GADDIS, 2000 apud MEDEIROS e MEDEIROS, 2002);
- Podem permitir interatividade (GADDIS, 2000 apud PEREIRA, 2008);
- Auxilia na identificação da relação entre causa e efeito (GADDIS, 2000 apud PEREIRA, 2008);

¹⁴ Baseados no referencial teórico e na experiência docente. Preferiu-se ocultar as demais.

Medeiros e Medeiros (2002) relatam um caso do uso de simuladores em que constataram o fascínio dos estudantes frente a representação dos fenômenos. Para eles o simulador representa fielmente uma situação real, no caso, o alcance de 300 km do lançamento de projétil fornecido pelo simulador foi o mesmo do seu cálculo e além disso a trajetória era uma parábola perfeita, o que não é realidade para distâncias tão grandes. A limitação da simulação neste caso foi do próprio modelo matemático utilizado, que tem um determinado contexto de validade, onde são desprezadas as forças de resistência do ar, a variação da gravidade com a altitude e a curvatura da Terra. Talvez não fosse necessário construir o simulador com complexas equações diferenciais, mas que este contexto de validade esteja explícito ao usuário da simulação, seja com mensagens de erro ao entrar com valores muito altos de velocidade inicial ou com um texto introdutório sobre as limitações e aspectos desprezados pelo modelo.

É preciso estar em alerta para o fato de que essa arma poderosa pode servir, paradoxalmente, também, para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que a das figuras estáticas. Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes (MEDEIROS E MEDEIROS, 2002, p.81).

Ao analisar a simulação de uma esfera rolando sobre um plano que é desacelerada pelas forças de fricção, Santos, Otero e Fanaro (2000) chamam atenção para limites da simulação quanto a deformação das superfícies e o proveito epistemológico disto:

Ao querer simular esta situação, nos encontramos com a dificuldade de não poder simular uma superfície que se deforma a medida que se movimenta a esfera. Pensamos que esta dificuldade poderia ser utilizada para desmitificar a concepção comum de que os

programas de simulação se comportam igual que a realidade. Poderia ser extremamente educativo mostrar que algo não tenha sido previsto pelo software. Cremos que as simulações devem apresentar-se como modelos dinâmicos da realidade que incluem somente alguns aspectos da mesma, aqueles que quem projetou a simulação considera relevantes (Idem, p.63, tradução nossa).

Assim como Araújo e Veit (2008), acredita-se que os aspectos, as limitações e a visão dos estudantes em relação a realidade não é exclusiva do ensino mediado por computador, são válidos também para as aulas tradicionais e ainda que livros didáticos tenham alguma destas características. Há de se considerar ainda, como expõem Podolefsky, Perkins e Adams (2009), que os experimentos em laboratórios reais com fins didáticos são, pela sua natureza, bastante diferentes do mundo de cientistas profissionais, assim como as atividades acompanhadas por roteiros executadas pelos estudantes são diferentes das executadas pelos cientistas.

O estudo sobre imagem e sua relação com a construção do conhecimento é relevante neste trabalho por ser a linguagem visual, assim como a linguagem matemática, predominantes nos simuladores. Considera-se que além da interação e da velocidade de processamento, a linguagem visual em uma forma não estática uma característica positiva do uso dos simuladores no ensino, particularmente, o de Física.

A relação da imagem e ensino vem sendo estudada por diversos autores sob enfoques epistemológicos, filosóficos e didáticos (SILVA et al, 2010; SILVA, 2006; SILVA E COLARES FILHO, 2006; SILVA E COLARES FILHO, 2003; MEDEIROS E MEDEIROS, 2001).

O poder de comunicação das imagens tem um importante papel no ensino e aprendizagem de física, sendo às vezes, a própria conceitualização dependente da visualização, permitindo dizer que a Ciência é inerentemente visual (MARTINS, 1997 apud SILVA, 2010), embora, pareça ser consenso entre alguns autores que as imagens não são capazes de por si só de representar algo (SILVA et al., 2010; CARNEIRO (1997) APUD MEDEIROS E MEDEIROS). Um dos problemas associados ao uso das imagens no ensino é o de que muitas vezes não se faz distinção entre a imagem e seu referente, ou seja, não se considera a imagem como uma

representação, mas como o próprio objeto (SILVA, 2006). Para este autor, “há uma transparência, um efeito ideológico, que liga a representação da coisa à coisa no mundo, numa identificação que apaga a própria mediação e a diferença da representação” (idem, p.77). Ainda em sua análise, considera que uma diversidade de imagens pode representar um mesmo objeto e que se comparadas, algumas representam melhor os aspectos “visíveis”, enquanto algumas se distanciam destes incorporando elementos imaginários e simbólicos. Assim como Silva (2006), acredita-se que conhecimentos diferentes possam ser construídos a partir de diferentes representações de um mesmo objeto. Esta construção pode ser intencional ou não, pois depende do que esta imagem pretende transmitir e também de quem está lendo esta imagem, conforme Silva (2006),

[...] a leitura (interpretação) de imagens integra-se numa história que é maior do que nós, num processo do qual não somos a origem; uma imagem, ao ser lida, insere-se numa rede de imagens já vistas, já produzidas, que compõem a nossa cotidianidade, a nossa sensação de realidade diante do mundo. A leitura (interpretação) de imagens não depende apenas do contexto imediato da relação entre leitor e imagem: para lê-la o leitor se envolve num processo de leitura (interpretação) que já está iniciado (idem, p.77).

Considerando aspectos epistemológicos, como os tratados na obra Teoria e Realidade de Mario Bunge (1974), acredita-se que a representação de um objeto nunca será fiel a sua realidade, seja ela uma imagem ou um modelo físico, além de não ser neutra. Um exemplo, são fotografias de um único objeto: se cada uma delas for de um ângulo diferente, sob condições climáticas diferentes, ajustes de brilho, contraste, de câmeras diferentes, captam diferentes aspectos de realidades.

A percepção que se tem do mundo pode se dar de forma consciente ou inconsciente por meio dos sentidos. A forma consciente acontece quando se presta atenção aos estímulos que se recebe e a inconsciente quando não se presta (REGO, 2011). Por exemplo, é possível lembrar muito bem da fala de um professor ou estudante em uma sala de aula por se ter prestado atenção nesta (percepção consciente), no entanto se esta aula tivesse sido gravada em áudio e/ou vídeo, ao ouvir e/ou assistir, se perceberia que outras falas e/ou

imagens aconteceram no mesmo momento, talvez com a mesma intensidade, mas não se lembra disto, não se dá conta dos outros fatos acontecidos porque se não prestou atenção, apesar de ter recebido estes estímulos (percepção inconsciente). “Quando a percepção é consciente, ela se torna representação: ao tentar identificar esses estímulos passo a representá-los através de nomes e/ou imagens que conheço” (idem, p.3). Desta forma, diferentes percepções de uma mesma situação possam se dar diferentes para diferentes pessoas.

A representação quebra o automatismo da percepção inconsciente, mas sempre à custa da imperfeição, pois o empenho subjetivo de representar não atinge um resultado que corresponda plenamente àquilo que é imediatamente vivido” (SCHØLLHAMMER, 2007, p.165 - 166 apud REGO, 2011, p.3, grifo nosso)

Segundo Silva e Colares Filho (2006), os simuladores tratam do encontro e entrelaçamento entre a linguagem visual e a linguagem matemática, que produz efeitos diferentes de realidade. A linguagem matemática tem um grande distanciamento do objeto representado, enquanto que a linguagem visual tem bastante proximidade entre a representação e o objeto (SILVA e COLARES FILHO, 2006). Em um simulador é,

Uma representação icônica de um objeto construído matematicamente, pois se trata de imagens-produto da resolução de equações matemáticas (não-visíveis) pelo computador. Num processo de interpretação da realidade são construídos outros objetos; são esses objetos que os applets representam visualmente. Os applets permitem, assim, realçar o caráter de construção do conhecimento científico sobre a realidade (Idem, p.2).

A relação entre a linguagem visual e matemática merece ser melhor estudada.

Anteriormente, alguns aspectos considerados positivos do uso dos simuladores foram levantados, entre eles está a interatividade. O estudo sobre conceito e suas implicações para as simulações computacionais e seus usuários é amplo, e embora esteja longe de ser uma definição baseada na

compreensão da área da pesquisa. Para este trabalho a interatividade foi considerada como a possibilidade alteração dos parâmetros do modelo utilizado e que pode eventualmente produzir diferentes significações sobre a realidade diante da variedade da combinação de parâmetros. Parece ser consenso entre os pesquisadores da grande importância deste aspecto nos simuladores. Para Silva e Colares Filho (2006),

Visto que a linguagem oral-escrita não é a única que participa dos processos de produção de sentidos em nossa cultura, torna-se importante pensar o potencial de mediações didático-pedagógicas que possam favorecer a interatividade, que permitam explorar no espaço educacional formal características da “cultura da simulação” [...], e que esteja centrada nessa nova oralidade produzida por sons e imagens, a qual o jovem está plenamente acostumado (Idem, p.4).

Para Barroso, Bevilaqua e Felipe (2009), há mais de um nível de interatividade, podendo ser básico apenas com botões de ligar, desligar e pausar ou em um maior nível como escolha dos parâmetros físicos, a mudança em tempo real outros parâmetros. Segundo Araújo e Veit (2008), apesar de serem muitas as vantagens das simulações computacionais, boa parte das que estão disponíveis apresentam baixa interatividade.

Apesar de toda relevância da interatividade, para Souza Filho (2010) um baixo nível ou grau de interatividade pode ter melhor resultado do que um alto nível ou grau. Um estudo realizado com a análise de simuladores (*applets*) por Silva e Colares Filho (2006) parece apontar no mesmo sentido:

Após uma análise [...] Observa-se algo que parece constituir um padrão: quanto mais interativo é o applet, mais difícil parece ficar a compreensão do fenômeno de maneira mais intuitiva, mais próxima da visual. [...] Parece que um alto grau de interatividade dificulta as possibilidades de produção de sentidos. [...] Pôde-se apenas dizer que quanto maior o grau de interatividade do applet, maior é a quantidade de sentidos que se possa produzir, no entanto, não de forma imediata.

Fato que não chega a constituir vantagem, visto que muitas variáveis relacionando-se, dificultam a análise e a apreensão de ideias. Dentro desta perspectiva, conclui-se que applets pouco interativos podem ser bastante eficientes, já que a reduzida multiplicidade de opções faz com que o usuário não perca o foco (idem, p.12)

Desta forma, apesar de ser baixa a interatividade de boa parte das simulações encontradas na internet, como afirmam Araújo e Veit (2008), isto parece não ser um grande problema, como propõem Souza Filho (2010) e Silva e Colares Filho (2006).

No próximo capítulo as atividades de resolução de exercícios e problemas foram brevemente localizadas no âmbito da pesquisa em Ensino de Física, por ter sido a via por qual os dados da pesquisa foram coletados.

3. A RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS

Já foram expostas reflexões quanto ao ensino de Física baseado na aplicação de ‘fórmulas’ e macetes sem compreensão das relações matemáticas com um fenômeno físico. Acredita-se que a formação de um estudante é muito mais ampla do que resolver os problemas dos finais de capítulo dos livros didáticos, mas que isto não invalida sua importância. O fato Ensino de Física estar caracterizado por abordagens com excesso de atenção centrada ao uso de algoritmos matemáticos em lugar das discussões que permitam a discussão aspectos relacionados principalmente às teorias e conceitos, configura um claro distanciamento entre os conteúdos trabalhados (teoria) e realidade (CLEMENT; TERRAZZAN, 2012).

Para Peduzzi (1997), por exemplo, a resolução de problemas é uma prática cotidiana, não só dos cientistas e atividades escolares dos estudantes, mas de todas as pessoas. Segundo os pesquisadores, há diferença entre exercícios e problemas, entretanto, ela não é bem delineada. Um problema pode ser compreendido como uma situação em que a solução não é “imediate ou automática e que exige do solucionador processo que requer reflexão e tomada de decisões sobre uma determinada sequência de passos ou etapas a seguir” (ECHEVERRÍA y POZO MUNÍCIO apud PEDUZZI 1997, p. 229). Já em um exercício, a solução encontrada é por meio do “uso de rotinas automatizadas como consequência de uma prática continuada que não exigem nenhum conhecimento ou habilidade nova, podendo, por isso mesmo, ser superadas por meios ou caminhos habituais” (ECHEVERRÍA y POZO MUNÍCIO apud PEDUZZI 1997, p.230). Assim sendo,

a distinção entre problema e exercício é bastante sutil, não devendo ser especificada em termos absolutos. Ela é função do indivíduo (de seus conhecimentos, da sua experiência etc.) e da tarefa que a ele se apresenta. Assim, enquanto uma determinada situação pode representar um problema genuíno para uma pessoa, para outra ela pode se constituir em um mero exercício (Idem, p.230).

Mesmo que os exercícios não exijam conhecimentos e habilidades novas, não se deve considerá-los como mera repetição de procedimentos. Segundo Peduzzi, 1997:

É oportuno, aqui, destacar, e não desmerecer ou relevar a um segundo plano, o papel do exercício nas tarefas escolares. É através dele que o estudante desenvolve e consolida habilidades. Este fato, no entanto, nem sempre fica claro ao aluno, que muitas vezes considera enfadonho, cansativo e sem propósito a repetição continuada de uma certa prática.

Neste sentido, cumpre ao professor realçar a importância e a função dos exercícios e dos problemas em sua disciplina. Ao se empenhar nisso ele pode contribuir para que seu aluno veja com outros olhos os exercícios e também se prepare melhor, tanto do ponto de vista cognitivo como emocional, para se envolver em atividades mais elaboradas, como as que caracterizam a resolução de problemas (Idem pág. 230).

Este trabalho não tem a pretensão de pesquisar como acontecem as atividades de resolução de exercício e nem propor mudanças neste aspecto, apesar de considerar-se necessário, vasta é literatura que trata sobre isto. A resolução de exercícios se localiza neste trabalho em fornecer dados sobre percepções de realidade em uma prática cotidiana para os estudantes.

4. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com a execução de uma proposta de atividade de resolução de exercícios, em pequenos grupos, sobre o tema forças com estudantes de duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio Inovador (EMI) de uma escola de Educação Básica, localizada no interior do estado de Santa Catarina. Não foi utilizada a distinção entre exercício e problema feita no capítulo anterior, embora os sentidos produzidos por cada um certamente sejam diferentes para cada indivíduo. O objetivo foi somente conhecer os sentidos produzidos sobre realidade. Os 12 exercícios elaborados na atividade foram basicamente sobre representação de forças, apenas dois incluíam perguntas sobre a velocidade da caixa e as imagens utilizadas foram extraídas do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento” obtido gratuitamente na internet¹⁵. A coleta dos dados se deu em três etapas, que foram chamadas de Momentos: a resolução da atividade ‘de lápis e papel’ (1º Momento), a reprodução as situações da atividade no simulador “Rampa: Forças e Movimento” (2º Momento), e a discussão de um questionário respondido/discutido pelos/em grupos (3º Momento). Optou-se em utilizar o simulador somente no segundo Momento em razão do possível surgimento de novas significações da realidade.

4.1. A UNIDADE DE ENSINO

Para executar a proposta de atividade foi criada uma sequência didática que envolveu noções básicas sobre Movimento Retilíneo Uniforme e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, e, por uma questão de tempo e outras questões¹⁶, priorizou-se o conceito de velocidade e aceleração. Em um momento subsequente as Leis de Newton foram trabalhadas, para isto utilizou-se como texto de apoio o bloco 2 de mecânica do GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, a abordagem deste texto propicia uma melhor compreensão do cotidiano a partir dos conceitos físicos, além de apresentar um texto com linguagem atraente e de fácil compreensão.

¹⁵ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/the-ramp

¹⁶ Como as citadas no do capítulo 1.2.

Na unidade 11, o material explora as relações entre força e velocidade, força e mudança de direção, força e mudança de rotação e no final da unidade apresenta as Leis de Newton, como segundo GREF (1998), na “forma como Newton os redigiu em seu livro *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*”:

Figura 1 - Redação de Newton das Leis do Movimento.

1ª Lei:	2ª Lei:	3ª Lei:
“Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas a ele.”	“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.”	“A toda ação há sempre oposta uma reação igual, ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas.”

Extraído de GREF (1998, p.45)

Os três enunciados foram tratados, mas por limite de tempo e por não serem objetos de análise da pesquisa, ateu-se mais profundamente em um primeiro momento apenas na Primeira Lei, enquanto a Segunda e Terceira Leis foram tratadas de forma breve.

Juntamente com os estudantes, o enunciado Primeira Lei foi analisado mais profundamente: “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas a ele” (GREF, 1998, p.45). Os estudantes foram questionados: O que é manter o estado de repouso e de movimento? Como posso alterar o estado de repouso de um corpo? E o estado de movimento? Mostrou-se que o enunciado supracitado indica que a alteração do estado de movimento está relacionado à variação da velocidade. Desta forma, ficou estabelecido uma relação entre a variação da velocidade e a força resultante da seguinte forma: “Quando o somatório das forças que atuam em um corpo (força resultante) é igual a zero, a velocidade é constante” e “Quando o somatório das forças que atuam corpo (força resultante) é diferente de zero, a velocidade é variável”. É possível dizer que esta relação é a Primeira Lei de Newton escrita de outra forma. Como exemplo, foi analisado, juntamente com os estudantes, as forças que atuam sobre um foguete que seria lançado ao espaço. Inicialmente as forças que atuam sobre o foguete são o Peso e a Normal e o somatório das forças é zero, portanto a velocidade é constante (zero). Quando os motores são ligados

surge mais uma força, a do motor, em sentido contrário ao Peso. Se o foguete começar a se locomover surge a força de resistência do ar, desaparece a Normal e o somatório das forças fica diferente de zero, a velocidade é então, variável. Ao sair da atmosfera a força de resistência do ar desaparece e só atuam agora a força do motor e o Peso, a velocidade continua variável. Em ponto bastante distante a força gravitacional é desprezível e se for desejado que velocidade não continue aumentando será necessário desligar os motores, pois se continuar ligado haverá uma única força atuando, então a resultante será então diferente de zero e a velocidade será variável. Uma lista com exercícios básicos sobre força resultante foi resolvida pelos estudantes, mas que não fez parte da análise.

A unidade 12 apresenta alguns tipos de força da natureza, mais especificamente, o Peso, o Empuxo e as forças resistivas e não abordam forças como a Magnética e a Elétrica, mas suas existências foram mencionadas em sala de aula.

Na unidade 16 e 17 foram exploradas as forças de atrito, mas que não diferenciam o atrito estático do cinético. Não se considera que diferenciação seja extremamente importante para os estudantes, mas também tal diferença foi apresentada.

Abaixo, é apresentada a sequência dos conteúdos trabalhados durante o ano letivo:

Quadro 2 - Desenvolvimento do planejamento anual por bimestre.

BIMESTRE	MÊS	CONTEÚDO
1º	Fevereiro	Introdução ao estudo das ciências físicas; A importância das medidas na ciência; Grandezas Físicas;
	Março	Sistema internacional de Unidades; Regra de três / Transformação de Unidades; Notação científica;
	Abril	Noções sobre Movimento Retilíneo Uniforme; Velocidade Média; Noções sobre Movimento Retilíneo Uniformemente Variado;

		Aceleração;
2°	Maio	Primeira Lei de Newton;
	Junho	Segunda Lei de Newton;
	Julho	Terceira Lei de Newton; Força Resultante; Seno, Cosseno e Tangente; Decomposição de Forças;
3°	Agosto	Força Peso; Força Elástica; Forças de Atrito;
	Setembro	Atividade sobre Representação de Forças* ; Medição da Gravidade Local (Atividade Experimental);
4°	Outubro	Energia Potencial;
	Novembro	Energia Cinética; Energia Mecânica;
	Dezembro	Conservação da Energia Mecânica.

Fonte: Elaborada pelo autor

* Atividade analisada

Após o desenvolvimento desta unidade a atividade foi resolvida pelos estudantes, solicitou-se aos participantes que suas discussões fossem gravadas durante a realização das tarefas. Apesar dos termos impostos pelo comitê de ética terem sido esclarecidos antecipadamente, houve o cuidado de expor que tais dados não seriam divulgados com os nomes verdadeiros, que só seriam analisados pelos pesquisadores, que o interesse estava nas discussões e, principalmente, que não seriam objeto de avaliação da disciplina.

Para termos uma melhor qualidade do áudio, sem a interferência da fala dos demais grupos, os estudantes foram orientados a realizar a atividade no pátio, nos bancos e mesas espalhadas pela escola. Isto atrapalhou o acompanhamento do professor na resolução da atividade e a forma como estavam fazendo a gravação.

A composição dos grupos variou entre dois e seis integrantes, embora a orientação tivesse sido para se ter no máximo de quatro, mas pela mesma razão citada no parágrafo anterior, dois grupos de três estudantes resolveram e gravaram a atividade juntos sem que o professor pudesse perceber. Muitos não compreenderam ao certo que a gravação deveria ser durante toda a discussão, sem pausas. Foram reservadas três aulas, em dois dias letivos, para realização do primeiro momento da atividade e duas aulas, em um dia letivo, para o 2º e 3º momentos. Alguns grupos realizaram o 1º Momento da atividade em uma aula, outros em duas e outro em três. Percebeu-se que os estudantes mais interessados durante as demais aulas, que apresentavam melhor aproveitamento da disciplina, foram os que mais usaram do tempo para a atividade. Pareciam estar contentes por fazerem uma aula com gravação em áudio.

O áudio foi gravado em celulares por serem 17 grupos e não ter gravadores suficientes. Nenhum problema ético foi encontrado neste procedimento, pois a falas gravadas para os pesquisadores são dados, para os estudantes são apenas conversas sobre alguns exercícios. Apesar de terem sido orientados a realizar a gravação durante toda a resolução da atividade, alguns grupos entenderam que seria somente de uma discussão entre eles sobre a atividade após o término desta. Os motivos da entrega de áudios incompletos são desconhecidos.

Do 1º Momento da atividade, a gravação de treze dos dezessete grupos, totalizou 4:40:59 horas de gravação.

Transcritas, as discussões ocuparam 79 páginas, com aproximadamente 17000 palavras¹⁷. O quadro abaixo apresenta a composição dos grupos, o tempo de gravação da atividade e os itens resolvidos que possuíam áudio:

Quadro 3 - Composição dos grupos com o tempo de gravação e itens da atividade transcritos

GRUPO	ESTUDANTE	SEXO	TEMPO DE GRAVAÇÃO	ITENS TRANSCRITOS
	E00	Feminino		

¹⁷ Contabilizadas pelo software de edição de texto

G1	E01	Feminino	10'54''	(d-e-f-g-h) ¹⁸
	E02	Feminino		
	E03	Feminino		
	E04	Feminino		
G2	E05	Masculino	Sem Áudio ¹⁹	
	E06	Masculino		
G3	E07 ²⁰	Feminino	Sem Áudio ²¹	
	E08	Feminino		
G4	E09	Feminino	22'00''	(e-g-i-j-k) ¹
	E10	Feminino		
G5	E11	Feminino	17'49''	(a-b-c-d-f-g-h-i-j-k-l-m)
	E12	Feminino		
	E13	Feminino		
G6	E14	Feminino	22'26''	(c-d-e-f-j-h-i-j)
	E15	Feminino		
	E16	Feminino		
G7	E17	Masculino	Sem Áudio ²²	
	E18	Masculino		
G8	E19	Feminino	Sem Áudio ¹	
	E20	Feminino		
	E21	Feminino		

¹⁸ Áudio não corrompido, com apenas diálogos sobre estes itens

¹⁹ Áudio totalmente corrompido

²⁰ Aluna transferida

²¹ Áudio não entregue

²² Estudante17 sentiu desconforto em registrar sua fala

	E22	Feminino		
G9	E23	Feminino	24'09''	(a-b-c-d-e-f-g-h-i-j-k-l-m)
	E24	Feminino		
	E25	Feminino		
	E26	Masculino		
	E27	Feminino		
	E28	Feminino		
G10	E29	Feminino	27'55''	(a-b-c-d-e-f-g-h-i-j-k-l) ¹
	E30	Feminino		
G11	E31	Feminino	15'22''	(a-b-c-d-e) ²³
	E32	Feminino		
	E33	Feminino		
G12	E34	Feminino	Sem Áudio ²⁴	
	E35	Feminino		
G13	E36	Feminino	24'32''	(a-b-c-d-e-f-g-h-i-j-k-l) ¹
	E37	Masculino		
	E38	Masculino		
G14	E39	Feminino	35'33''	(a-b-c-d) ⁶
	E40	Feminino		
	E41	Feminino		(g-h-i-j) ⁶
G15	E42	Masculino	26'17''	
	E43	Masculino		

²³ Áudio parcialmente corrompido

²⁴ Áudio não realizado por falta de bateria no gravador

	E44	Masculino		(a-b-c-d-e-f-g-h-i-j) ¹
G16	E45	Feminino	38'09''	(a-b-c-d-e-f-g-h-i-j-k-l-m)
	E46	Masculino		
	E47	Feminino		
G17	E48	Masculino	15'53''	(f-g) ¹
	E49	Masculino		
	E50	Feminino		

Fonte: elaborado pelo autor

Aspectos epistemológicos da atividade

A atividade é apresentada abaixo e em seguida alguns aspectos epistemológicos, com base no referencial teórico referentes à representação da realidade.

Atividade

As forças têm papel fundamental na maneira como interagimos com o mundo, sendo conhecidas apenas quatro, que chamamos de forças fundamentais da natureza: a gravitacional, a eletromagnética, a fraca e a forte, que podem se manifestar de formas diferentes, dando a impressão que existam mais. Um balão pode atrair fios de cabelo, um ímã pode atrair um pedaço de ferro e os freios de um carro pode pará-lo, embora sejam situações bem diferentes, que damos nomes diferentes as forças responsáveis por tais acontecimentos (elétrica, magnética e atrito), elas têm a mesma natureza: a força eletromagnética.



1) Para conhecermos o estado de movimento de um corpo é necessário que saibamos quais forças estão, e como estão, atuando sobre ele. Uma maneira ou etapa de resolvermos isto é representarmos as forças através de vetores. Represente as forças que atuam na caixa abaixo em cada situação respondendo as questões (se houver). Nosso personagem fictício se chama Zé.

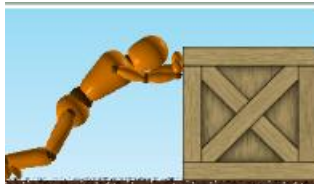
a) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície rugosa e ela continua parada:



b) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície áspera e ela se move com velocidade constante:



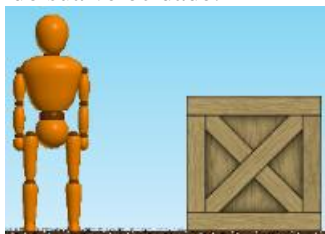
c) Zé empurra uma caixa sobre um contra piso de cimento ela se move aumentando sua velocidade:



d) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície áspera e ela se move, mas ela está diminuindo sua velocidade:



e) Zé dá um grande impulso na caixa e ela se desloca por um tempo diminuindo sua velocidade:



f) Zé precisa agora empurra constantemente a caixa sobre o gelo, que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:



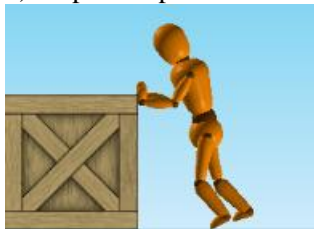
O que se pode afirmar, segundo a primeira Lei de Newton, sobre a velocidade desta caixa?

g) Zé repete a experiência do item 'e', e observa a caixa se deslocar com velocidade constante sobre o gelo depois de receber o impulso:



Como é a velocidade da caixa? É sempre a mesma ou varia?

h) Zé precisa parar a caixa que desliza sobre o gelo:



i) Zé empurra a caixa contra uma parede:



j) Zé está empurrando a caixa sobre a superfície áspera de uma rampa, mas não consegue deslocar a caixa:



k) Zé empurra a caixa sobre a superfície áspera da rampa com mais força e ela se desloca com velocidade constante:



l) Zé observa a caixa descer a rampa coberta de neve com sua velocidade aumentando:



m) Zé observa uma caixa parada sobre a rampa:



Os trechos da tabela abaixo foram escritos no capítulo sobre modelos, estão reproduzidos aqui para uma melhor exposição:

Quadro 4 - Aspectos Epistemológico da Atividade

TRECHOS	ANÁLISE
<p>Em sua obra, Teoria e Realidade, Bunge (1974) diferencia os conceitos de objeto-modelo ou modelo conceitual e de modelos teóricos, que estão inseridos no processo de produção do conhecimento científico.</p> <p>Inicialmente, nasce o objeto-modelo, que pode ser <u>qualquer representação de um objeto, seja ela, pictórica^a, conceitual ou matemática, cuja formulação se dá pela extração de traços comuns de indivíduos ostensivamente diferentes^a</u>, agrupando-os em espécies (classes de equivalência) como o cobre e o homo sapiens.</p>	<p>a) Na atividade a representação pictórica já está feita conforme descrito por Bunge: a caixa, de densidade homogênea, tem forma de paralelepípedo, com ângulos exatos de 90°, que se equilibra nas superfícies de contato com uma das faces sobre ela (e não com os cantos), ou seja, uma representação de uma caixa real.</p>
<p><u>Caso se queira que este objeto-modelo seja inserido em uma teoria, será necessário atribuir propriedades suscetíveis^{b1} de serem tratadas por teorias, mais especificamente, por uma teoria geral^{b2}</u>. A partir disto, é possível construir uma teoria específica sobre um objeto-modelo, ou seja, um modelo teórico.</p>	<p>b1) o movimento é em linha reta, a superfície é sempre regular, plana ou inclinada.</p> <p>b2) Objeto modelo: Caixa Sujeita a Ação de Forças Modelo teórico: Equilíbrio do Ponto Material (apesar de a caixa ser um corpo extenso) Teoria Geral: Mecânica Newtoniana</p>
<p>Segundo ele, um objeto-modelo é sempre uma representação parcial e, esta última pode ser construída,</p>	

<p>[...] de modo mais ou menos esquemático, por um desenho ou um desenho animado que será então um modelo concreto da coisa. Tal representação será literal ou simbólica, figurativa ou <u>inteiramente convencional</u>. <u>Em todo caso será parcial, pois ela a de supor que certas propriedades das coisas não merecem ser representadas</u>^c, quer porque são tidas como secundárias, quer porque as uvas estão ainda muito verdes. (Idem, p.25, grifo nosso).</p>	<p>c) Geralmente caixas de madeira apresentam farpas, pregos, nós, mas nada disso interessa para a atividade. Não foram representadas as estruturas atômicas, o tipo da madeira, deformidades, etc. Somente alguns aspectos da realidade podem ou devem ser representados para análise em questão.</p>
<p>Além de parcial, o objeto-modelo tende a <u>incluir elementos imaginários</u>^d, o que não é possível fazer sem o auxílio de hipóteses prévias (Bunge, 1974) como exposto perceber no exemplo acima quando se abstraem as variações de energia e considera-se nulo o volume de cada molécula.</p>	<p>d) Cada força é representada por um único vetor atuando ou nas superfícies ou no centro de gravidade da caixa, e não em cada uma das partículas da caixa. Sempre perpendicular ou paralela às superfícies e desprezando as dimensões da caixa e consequentemente os torques gerados.</p>

Fonte: Elaborada pelo autor

4.2. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

A análise dos dados foi qualitativa, o que segundo FERNANDES (1991), citado por SILVA e ALVES (1992),

[...] se caracteriza por buscar uma apreensão de significados na fala dos sujeitos, interligada ao contexto em que eles se inserem e delimitada pela abordagem conceitual (teoria) do pesquisador, trazendo à tona, na redação, uma sistematização

baseada na qualidade, mesmo porque um trabalho desta natureza não tem a pretensão de atingir o limiar da representatividade (Idem, p.65).

Nesta etapa, os comentários e respostas foram organizados em categorias identificando padrões e tendências, visando compreender ou ao menos encontrar relações entre o contexto e os significados dados aos elementos da atividade pelos estudantes. Não só aos conceitos físicos e ao conteúdo das falas, mas a dinâmica da atividade como um todo, na naturalidade de padrões inconscientes em que elas ocorrem na escola, não só para os estudantes mas também para toda comunidade.

Para André (2010), um estudo do cotidiano da escola envolve, no mínimo, três dimensões, que se inter-relacionam: o clima institucional, que se refere à relação entre a práxis social e a escolar, o processo de interação de sala de aula e a história de cada sujeito.

A práxis escolar sofre as determinações da práxis social mais ampla através das pressões e das forças advindas da política educacional, das diretrizes curriculares vindas de cima para baixo, das exigências dos pais, as quais interferem na dinâmica escolar e se confrontam com todo o movimento social do interior da instituição [...].

A segunda dimensão diz respeito ao processo de interação de *sala de aula* que envolve mais diretamente professores e alunos, mas que incorpora a dinâmica escolar em toda a sua totalidade e dimensão social.

A terceira dimensão abrange a *história de cada sujeito* manifesta no cotidiano escolar, pelas suas formas concretas de representação social, através das quais ele age, se posiciona, se aliena ao longo do processo educacional. (Idem, p. 44)

Neste trabalho houve uma ampla interação entre pesquisador e pesquisado, não só durante a coleta de dados, mas durante todo o ano letivo, já que o professor da disciplina de física foi o autor deste trabalho. Pode ter sido positivo o fato de o pesquisador não estar inseridos no ambiente de

pesquisa apenas na observação da resolução da atividade e na coleta de dados, pois como anteriormente exposto, os pesquisados pareciam contentes em fazer uma aula com gravação de áudio, provavelmente por já existir um certo nível de confiança e intimidade. Foi apenas uma alteração na tarefa de resolver os exercícios de uma lista: registrar as falas durante a tarefa. Em contra partida, é sabido que sentimentos pessoais entre o pesquisador e pesquisado e o ato de gravar o áudio pode ter interferido na produção das falas, assim como na análise dos dados.

No processo de transcrição utilizou-se o software gratuito *Express Scribe Transcription Software v.5.69*, que apresenta recursos não encontrados em reprodutores convencionais de áudio como: botões de avanço e de retrocesso com tempo ajustáveis, ajuste de velocidade do som sem distorção do áudio, configuração de atalhos e a possibilidade de anexo das transcrições dos áudios. Alguns dos áudios captados foram gravados em formatos MP4 e 3GA, não compatíveis com o programa citado, em função disto fez-se conversões no software gratuito *FormatFactory 3.0.1* para as conversões dos arquivos em MP4 para MP3 e *on-line*²⁵ dos arquivos 3GA para MP3.

Uma das dificuldades enfrentadas foi a diferença entre o número de aulas previstas e o das que efetivamente foram destinadas às aulas de física. Uma das turmas teve oito aulas a menos e a outra dez no primeiro semestre do ano. A prorrogação do início das aulas devido à prolongada onda calor, emendas de feriado, viagem de estudos, conselhos de classe, eventos culturais, palestras, as dificuldades apresentadas pelos estudantes e ainda uma mudança no período de recesso escolar, que deveria ser de uma semana e passou a ser duas, comprometeram o início da coleta de dados no prazo previsto, acreditava-se que no início do segundo semestre esta etapa já estaria cumprida.

Na transcrição do 1º Momento da atividade alguns padrões foram encontrados, que foram divididos em três categorias relacionadas ao referencial teórico: a) Estudantes que questionam a veracidade/realidade da situação, b) Estudantes que exemplificam/simulam situações parecidas com a do exercício e c) Estudantes quem apresentam uma noção implícita de exercício modelizado. Em cada uma das categorias foram apresentados os itens da atividade, as transcrições de trechos de falas ocorridas durante sua

²⁵ <http://media.io/pt/>

resolução e suas respectivas análises. As transcrições apresentadas em cada uma das categorias são separadas por grupo. Cada um destes trechos de falas foi chamado de Diálogo, que foram numerados para melhor identificação. O símbolo [] foi utilizado para identificar uma transcrição incompleta, que não se conseguiu entender na gravação, { } para quando o autor da fala não foi identificado e o símbolo [...] após o término da frase quando o conteúdo que vem a seguir não tem relação com a análise e quando estiver na linha seguinte ao término de uma frase, significa que trechos das transcrições foram omitidos por não serem significativos a análise. Para auxiliar a leitura e a própria a análise, numerou-se as linhas dos diálogos²⁶.

As transcrições incluídas na próxima seção podem, às vezes, não transmitir imediatamente as percepções se forem lidas somente as palavras que ali estão. A análise considera o contexto em acontece a atividade, o tempo e o tom de cada fala, as pausas e também características pessoais de cada estudante, já que houve a oportunidade de acompanhar todo o ano letivo das duas turmas pesquisadas.

Após a atividade de representação das forças, iniciou-se o 2º Momento da coleta de dados: foi solicitado aos estudantes que reproduzissem cada situação da atividade com o simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”, como se fosse uma espécie de correção.

O objetivo era que os estudantes refizessem seus exercícios com os simuladores logo após a atividade, mas o agendamento na Sala Informatizada foi um grande problema, as opções de horário eram escassas, algumas aulas eram marcadas por mudanças constantes nos horários dos professores, assim, as aulas foram reagendadas. As mudanças são justificadas pelo porte da escola que em 2014 continha 1345 estudantes e 69 professores em exercício. Aulas de outros professores chegaram a ser utilizadas para conseguir uma vaga na Sala Informatizada, mas neste dia faltou energia elétrica na escola. A gravação durante a resolução de exercícios deixou de ser novidade e a reprodução das situações do 2º Momento foi considerada desnecessária por alguns estudantes, mas mesmo assim realizaram a tarefa e, às vezes, teceram comentários sobre sua interação com o simulador. O 3º Momento da coleta de dados - um questionário sobre o uso de simuladores - foi respondido/discutido em/pelos grupos subsequentemente ao 2º Momento.

²⁶ Comentários ou perguntas não relacionados a aula como: ‘A professora de Biologia veio hoje?’ e ‘Estou com dor de cabeça’.

Nesta etapa, do 2º e 3º momentos, apenas oito arquivos de áudio foram obtidos. Destes, percebeu-se que este momento diferenciado das demais atividades cotidianas do contexto escolar produziu novas falas. Foram transcritas somente as consideradas ‘fruto’ deste novo contexto. Abaixo, um quadro com a formação dos grupos e o tempo de gravação do 2º e 3º momento da coleta de dados. Os arquivos de áudio dos demais grupos estavam corrompidos ou não foram entregues pelos participantes.

Quadro 5 - Composição dos grupos com o tempo de gravação da atividade

GRUPO	ESTUDANTE	SEXO	TEMPO DE GRAVAÇÃO
G5	E11	Feminino	12'20''
	E12	Feminino	
	E13	Feminino	
G10	E29	Feminino	47'13''
	E30	Feminino	
G12	E34	Feminino	13'35''
	E35	Feminino	
G14	E39	Feminino	15'37''
	E40	Feminino	
	E41	Feminino	
G15	E42	Masculino	18'35''
	E43	Masculino	
	E44	Masculino	
G	E45	Feminino	18'55''
	E46	Masculino	
	E47	Feminino	
G17	E48	Masculino	09'48''
	E49	Masculino	

	E50	Feminino	
--	-----	----------	--

Fonte: Elaborada pelo autor

As respostas de um questionário, que tinha por objetivo avaliar a atividade com o simulador, também foram analisadas, foram gravadas e discutidas por cada grupo, obtendo-se 13 arquivos de áudio. Não foram analisadas três das oito perguntas do questionário por se considerar que elas não foram compreendidas pelos participantes e conseqüentemente, as respostas não responderam às perguntas.

5. ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados está dividida em três partes, que foram chamadas de Momentos: a resolução da atividade sobre representação de forças pelos estudantes sem o auxílio do simulador (1º Momento); a resolução da atividade sobre resolução de forças com o auxílio do simulador (2º Momento) e; das respostas de parte das perguntas do questionário referente a atividade desenvolvida pelos estudantes (3º Momento). No 1º Momento foram apresentadas as três categorias encontradas, os itens da atividade, alguns diálogos ocorridos durante sua resolução e suas respectivas análises. No 2º Momento, foi relatado de forma geral como se sucedeu a reprodução no simulador das situações descritas na atividade anteriormente realizada. Novas falas e significações produzidas pelos integrantes dos grupos em razão da interação entre os estudantes e o simulador foram analisadas. No 3º Momento, uma análise das respostas do questionário sobre a atividade desenvolvida pelos estudantes foi apresentada.

1º MOMENTO: EXERCÍCIOS SOBRE REPRESENTAÇÃO DE FORÇAS

Neste tópico os diálogos ocorridos foram analisados durante a primeira parte da coleta de dados, chamada de 1º Momento, em que estes realizaram a resolução de exercícios sobre representação de forças sem o auxílio do simulador 'Rampa: Forças e Movimento'²⁷. Os diálogos apresentados em cada uma das categorias foram separados por grupo de estudantes, que são identificados por números, assim como as linhas. Os significados dos símbolos utilizados nas transcrições encontram-se na lista de símbolos e na seção metodologia.

Categoria A: estudantes que questionam a veracidade/realidade da situação

Dentro desta categoria, as transcrições a seguir referem-se à dúvidas e questionamentos quanto a física em si envolvida no item a ser resolvido (diálogos 02, 03, 04, 05, 11 e 14) outras por se tratarem de situações

²⁷ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/the-ramp.

incomuns ou consideradas impossíveis (diálogos 03, 05, 06, 07, 09, 09, 12 e 13) e outras ainda às imagens ou situações que não estavam relacionadas ao fenômeno em si, que não tem objetivo de serem representados pela imagem, mas que chamaram a atenção dos estudantes (diálogos 01, 10, 11, 12 e 13).

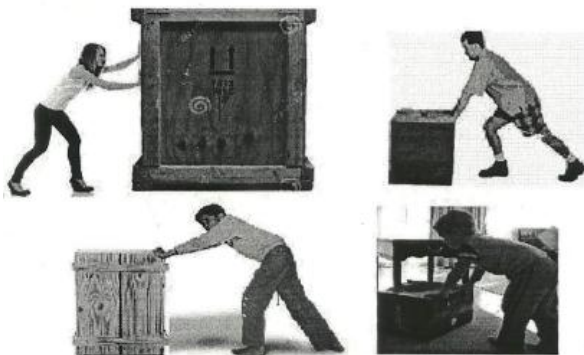
Segue abaixo a análise da relação entre os estudantes e o texto introdutório da atividade. Este texto está presente no início da atividade que foi desenvolvida pelos estudantes:

Quadro 6 - Introdução da Atividade

ATIVIDADE

As forças têm papel fundamental na maneira como interagimos com o mundo, sendo conhecidas apenas quatro, que chamamos de forças fundamentais da natureza: a gravitacional, a eletromagnética, a fraca e a forte, que podem se manifestar de formas diferentes, nos dando a impressão que existem mais. Um balão pode atrair fios de cabelo, um ímã pode atrair um pedaço de ferro e os freios de um carro pode pará-lo, embora sejam situações bem diferentes, que damos nomes diferentes as forças responsáveis por tais acontecimentos (elétrica, magnética e atrito), elas têm a mesma natureza: a força eletromagnética.

Figura 2 - Introdução da Atividade



Fonte: Elaborada pelo autor com imagens extraídas do Google Imagens

1) Para conhecermos o estado de movimento de um corpo é necessário que saibamos quais forças estão, e como estão, atuando sobre

ele. Uma maneira ou etapa de resolvermos isto é representamos as forças através de vetores. Represente as forças que atuam na caixa abaixo em cada situação respondendo as questões (se houver). Nosso personagem fictício se chama Zé.

Fonte: Elaborada pelo autor

Sobre a imagem que aparece junto ao texto introdutório, desejava-se que, além das imagens geradas pelo simulador, posto que já possuem um certo nível de idealização, já que é um boneco, uma imagem que representasse melhor a realidade vivida, com pessoas e caixas reais, embora as situações não sejam reais, pois se trata de uma montagem. A imagem é composta por quatro pessoas empurrando caixas e provavelmente a comparação entre elas é que gerou tais sentimentos ao estudante. Certamente, estes seriam diferentes se fossem utilizado na imagem apenas uma pessoa.

No diálogo a seguir E44 faz considerações sobre a imagem utilizada na atividade, presente abaixo do texto inicial. O estudante dá atenção a imagem somente no meio da resolução do item ‘c’ da atividade, aos sete minutos de gravação, enquanto esperam por uma borracha para apagar algo que consideram errado. Chama atenção o fato que eles não leram o texto inicial, partiram logo do trecho onde havia o símbolo ‘1’). Inconscientemente talvez, para eles, a atividade iniciava somente depois do que está escrito depois de ‘1’), apesar da palavra ‘atividade’ estar em negrito e caixa alta antes do texto inicial.

Diálogo 01 – G15

- 1 E44: porque tem uma criança empurrando uma
- 2 caixa? *Ah não!* Uma mulher vai empurrar isso aqui? *Tá*
- 3 certo. E um homem vai empurrar isso aqui? *Aham, tá*
- 4 certo.

E44 não vê sentido ou relação com a atividade em uma criança estar empurrando uma caixa e demonstra desconforto ou dúvida em uma mulher fazer o mesmo. Parece estar perguntando a si mesmo, pois não cita o nome de nenhum colega e nenhum deles comenta sua fala. Tais sentimentos podem estar relacionados ao tamanho da caixa, que parece grande demais para ser

empurrada por uma mulher ou mesmo um homem. Junto a isto, as roupas, os sapatos e os cabelos soltos da mulher não são característicos de quem está realizando um trabalho braçal. Parece acreditar ser incoerente ou injusto uma mulher empurrar uma caixa tão grande e um homem uma caixa tão pequena. As significações de E44 acerca das representações da realidade descritas acima são inconcipientes, possivelmente adquiridas ao longo de sua história, em seu contexto socio-econômico-cultural, como supracitado, “um efeito ideológico, que liga a representação da coisa à coisa no mundo, numa identificação que apaga a própria mediação e a diferença da representação” (SILVA, 2006).

Percebeu-se que outros dois grupos, G6 e G15, não leram o texto introdutório e os que leram, grupos G5, G9, G10, G11, G13, G14 e G16, parecem não ter dado importância para o que era trazido ali, pois não fizeram nenhum comentário. No Grupo G14, E41 leu o texto e ao final disse: ‘*tá!?*’, como se estivesse perguntando o que aquilo tem a ver com a resolução atividade ou como ela pode ajudar a resolvê-la? No Grupo G13, E38 lê e ao final pergunta: ‘precisava ler isso? Não, *né!*?’ Sem resposta dos colegas, continuam a atividade. Entre G10, após lerem o texto, E30 diz: ‘daí tem os carinhas empurrando caixas’, e quase que sem pausa, continua lendo a atividade. Como exposto no quadro acima, a gravação do início da atividade do grupos G1, G4 e G17, os grupos G2, G3, G8 e G12 tiveram problemas com a gravação no início da atividade e o grupo G7, apesar de terem aceitado a participar da pesquisa, recusaram-se em realizar a gravação da atividade, portanto nada pode ser considerado sobre as ações do grupo em relação ao texto inicial. Nenhum outro grupo comentou sobre esta imagem, é verdade que esta não tem relação, pelo menos não imediata, com o texto, mas isto não justifica a falta de atenção dos estudantes. Parece estar implícito aos estudantes que ali não há informações relevantes para a resolução da atividade, que existe uma espécie modelização dos exercícios, em que trechos longos não estão relacionados aos exercícios em si, pelo menos de física. Apesar da maioria dos grupos que existe o início das gravações terem lido texto inicial, acredita-se que apenas buscavam informações relevantes sobre a resolução dos exercícios.

Abaixo, foram transcritos trechos de falas – Diálogos - ocorridas durante alguns itens da atividade e sua respectiva análise.

Seguem as análises dos diálogos 02 e 03 sobre o item ‘f’ da atividade:

Quadro 7 - Item 'f' da Atividade

item f) Zé precisa agora empurrar constantemente a caixa sobre o gelo, que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:

Figura 3 - Item 'f' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

O que se pode afirmar segundo a primeira lei de Newton sobre a velocidade desta caixa?

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Díálogo 02 – G17

E48 solicita que o professor conferisse o que eles tinham feito na atividade:

- 1 E48: *seu* [senhor], olha aqui.
- 2 Professor: *é* assim

O estudante questiona o que está escrito no exercício baseando-se em uma fala do professor durante uma aula expositiva, em que o professor disse que sempre existe atrito entre superfícies em contato, logo, se o exercício está dizendo que não tem, algo está errado, ou ainda, trata de uma suposição, uma idealização da realidade:

- 3 E48: olha aqui. Aqui ele *tá* falando que o gelo *é*
- 4 completamente, extremamente liso, mas ainda tem
- 5 a...o atrito, *né?*

- 6 E48: eu perguntei, porque o *seu* [senhor] explicou
7 um dia que não tinha atrito, tudo tinha atrito e tal, *né?*

O diálogo termina por aí, o estudante parte para o próximo item da atividade aceitando e parecendo entender o que o professor disse. Por outros elementos além do verbal, percebeu-se que E48 não estava confuso com a situação, apenas esclarecer da possibilidade da suposta inexistência do atrito do exercício. O fato do exercício supor esta idealização, contradisse uma significação sobre a realidade anteriormente construída em um outro momento.

Diálogo 03 – G16

Neste Diálogo, há uma boa discussão entre os estudantes sobre a ausência do atrito:

- 1 E45: *ah*, mas aí essa força pode ser bem
2 pequeninha, *né?* Porque *tipo*, é o gelo, aí desliza.

Provavelmente, E45 está se referindo a força de atrito com o gelo, que deve ser pequena, porém, presente na situação descrita.

E47 lê a pergunta do item:

- 3 E47: ‘o que se pode afirmar segundo a primeira lei
4 de Newton sobre a velocidade desta caixa?’
5 E45: qual é segunda lei de Newton?
6 E45: a primeira lei de Newton, a segunda...
7 E47: a terceira é da ação e reação
8 E46: SEGUNDO [ênfase] a primeira lei de
9 Newton.....
10 E45: é da inercia

E47 lê a primeira lei do material do GREF:

- 11 E47: ‘Todo corpo continua em seu estado de
12 repouso ou de movimento em uma linha reta, a menos
13 que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças
14 imprimidas a ele’.

15 E47: então ele vai escorregar, porque ele não vai
 16 conseguir
 17 E46: ele não vai conseguir
 18 E47: como é que ele vai fazer? Ele vai ter uma
 19 super bota? Como ele vai fazer *pra* ir? *Pra* empurrar
 20 constantemente. Se a caixa vai escorregar mais rápido
 21 ele também vai escorregar mais fácil
 22 E45: *ah*, sabe por que? É assim *ó*, ele vai empurrar,
 23 então um corpo em movimento ou uma coisa em
 24 movimento vai permanecer em movimento, *né*? Então
 25 a caixa, como é gelo, vai continuar em movimento. Até
 26 que haja uma força nela *pra* parar. Então não vai ter
 27 atrito *né*? Então eu acho que tem que ser só fazer o
 28 negocinho [aspas]
 29 E46: só não vai ter atrito

Nas linhas 22 e 23, E45 tenta explicar a situação do item do exercício com base na primeira Lei de Newton e mostra que sua concepção de corpo não é a mesma usada pela Física, acredita que a lei não é válida somente para um corpo em movimento, mas para uma objeto em movimento. É compreensível a confusão de E45, sendo que no cotidiano comum o termo ‘corpo’ é usado para se referir a organismos como o corpo humano ou de outro animal.

Da linha 15 a 17, E47 percebe um erro no exercício, de fato, se não há atrito, não é possível nem mesmo caminhar, empurrar uma caixa é impossível. Para ela, só se existisse uma ‘super bota’, para empurrar a caixa, parece estar claro que se trata de uma idealização, uma simplificação da realidade, uma suposição a inexistência do atrito. O que chama a atenção aqui é a inclusão de um elemento não real pelo próprio estudante - a ‘super bota’ – para que a situação seja possível. Para Bunge (1974), a construção de um objeto-modelo, neste caso, de uma caixa sob a ação de forças, entre elas, a de uma pessoa apoiada ao chão, é uma representação parcial, ‘pois ela a de supor que certas propriedades das coisas não merecem ser representadas, quer porque são tidas como secundárias [...]’ (Idem, p. 25). Neste caso, não se acredita que o atrito não mereça ser representado ou seja uma propriedade secundária, mas que sua desconsideração seja necessária neste caso, assim como foi para Galileu no estudo do plano inclinado. Segundo o autor, para que o objeto-modelo seja inserido em uma teoria geral, neste caso a mecânica clássica, é necessário ‘atribuir-lhe propriedades suscetíveis de serem tratadas

por teorias. É preciso, em suma, imaginar um objeto dotado de certas propriedades que, amiúde, não serão sensíveis.’ (Idem, p. 14). É o que E47 tenta fazer ao incluir as ‘super botas’, um elemento imaginário, necessário para que um fenômeno ocorra. Obviamente, E47 não tentou construir um objeto modelo, muito menos incluí-lo em uma teoria, também não está se comparando a atitude da estudante ao processo de construção do conhecimento científico, mas é no mínimo interessante este movimento inconsciente de inclusão e extração de elementos imaginários e reais para compreensão de um fenômeno. O que teria promovido esta atitude? Está relacionado à escola ou é inerente ao ser humano?

E47 continua a questionar a inexistência do atrito, defende sua ideia baseando-se em um vídeo assistido por eles em sala sobre as Leis de Newton, enquanto que para E46 a inexistência do atrito é uma idealização:

- 31 E47: não gente, vocês não *tão* entendendo. Não tem
32 atrito com o chão, mas o atrito com o ar sempre vai ter
33 E46: depende, se ele [o exercício] diz que não vai
34 ter atrito []
35 E45: mas tanto faz
36 E47: sempre vai ter atrito com o ar, vocês não
37 viram o vídeo? Que lugar do planeta que ele vai *tar* que
38 não vai ter ar? Não tem atrito com o chão, mas com o
39 ar tem

Para E47, mesmo que exista uma superfície perfeitamente lisa, ainda haverá o atrito com o ar e embora o exercício não especifique que a caixa está sendo empurrada na Terra, isto seria, inconscientemente talvez, óbvio, pois em outro planeta haveria a necessidade de trajes especiais ou ainda, nada que se vê sobre o homem no espaço, na Lua ou em outros planetas, no caso de filmes de ficção, refere-se a homens empurrando caixas.

Os estudantes questionam o professor sobre a inexistência ou desprezo do atrito:

- 40 E46: o *seu* [senhor]
41 E46: aqui não vai ter atrito, *né?*
42 Professor: *é...*, o que que vocês acham?
43 E46: diz ali que não tem atrito
44 Professor: diz ali que não tem, *né*

45 E45: mas sempre tem atrito porque tem ar, a E47
46 falou
47 E47: sempre vai ter ar
48 Professor: sempre vai ter ar.
49 E47: então
50 Profesor: Pois é, boa pergunta
51 E45: eis a questão
52 E47: não tem como não ter atrito
53 E45: a não ser que seja tão pequenininho que não faça
54 diferença
55 Professor: que a gente possa desprezar talvez, *né?*
56 E46: só que a questão diz que não tem []
57 E47: a questão diz que não tem, mas em que lugar
58 que ele va *tar* que vai ter gelo e não vai ter ar?
59 Professor: tem a questão do ar e mesmo o gelo, será
60 que não vai ter atrito nenhum ou é só uma... a gente só
61 *tá* fazendo isso *pra*, é...*pra* de certa forma facilitar o
62 entendimento de vocês?
63 E46: *pra* facilitar o entendimento da questão,
64 provavelmente

Das linhas 54 a 55, E45 supõe que o atrito seja tão pequeno ‘que não faça diferença’, não se sabe a que ele se refere ao movimento da caixa ou do diagrama de forças. De qualquer forma, o estudante admite que a situação descrita pelo item, ou melhor, a caixa – o objeto-modelo - é uma aproximação da realidade, ou seja, uma idealização, conforme citado anteriormente por Bunge (1974), “todo modelo teórico é parcial e aproximativo: não apreende senão uma parcela das particularidades do objeto representado”.

Dos nove grupos que tinham o áudio do item ‘f’, a maioria resolveu a questão sem questionar a ausência de atrito, apenas no G05 a integrante E11 perguntou aos demais se ‘gelo não tem atrito?’, no G01, E02 comenta que ‘força de atrito aqui com o gelo que é bem pouca’ e no G10, E30 responde a pergunta do item dizendo que ‘ela é uma velocidade que não vai diminuir por causa que não tem a força de atrito, *né?* [...]’. Somente o G16 apresentou uma discussão mais aprofundada. Chama a atenção como uma situação nada problematizada, pouco ou nada desafiadora, distante da realidade cotidiana, tendo como única motivação a avaliação do professor, possa ter sido tão rico em interação, em discussão de conceitos e da relação com a realidade física. Percebeu-se isto também na análise do item ‘b’.

O perfil dos estudantes E46 e E47 em sala de aula é de destaque em questionamentos, comportamento e avaliações, isto talvez promoveu tais discussões, mas outros estudantes também possuem este perfil, até mais destacados e nada disto ocorreu. Embora não seja o que aconteça efetivamente na escola, acredita-se, sem aprofundamento teórico, que o objetivo das atividades é que o estudante aprenda algo, adquira, desenvolva alguma habilidade ou competência. É possível que o nível de envolvimento do estudante com a atividade possibilite que tais objetivos sejam alcançados. Mas o que promove tal envolvimento? Seria a capacidade de abstração em imaginar-se no lugar do boneco que empurra a caixa, o ‘contato’ entre as moléculas das superfícies ou, o contexto da escola, que valoriza não só o estudante com bom desempenho nas avaliações, mas também o que esforça ao realizar as tarefas? Os que questionam?

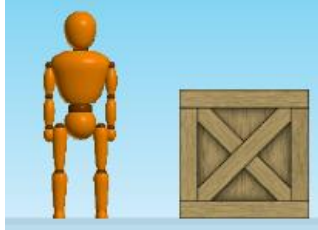
Vale lembrar ainda da famosa e tradicional nota de participação ou de comportamento utilizada por alguns professores. A valorização, às vezes, está implícita nas comuns frases dos professores: Vamos, perguntem!, Vocês não perguntam nada!, Vocês não participam!. O silêncio dos estudantes ao ouvirem isto pode estar indicando um sentimento de culpa por nada terem a perguntar. Percebe-se isto também com estudantes do ensino superior quando o professor pergunta: Alguma dúvida?. Parece que se carrega esta culpa ao longo da história, se é estudante, tem que participar!, tirar dúvidas, mesmo que elas não existam, então, às vezes, se inventa uma dúvida para cumprir o protocolo, para manter cultura escolar.

São apresentados abaixo o Diálogo 04 e sua respectiva análise, ocorrido durante a resolução do item ‘g’ da atividade:

Quadro 8- Item 'g' da Atividade

<p>Item g) Zé repete a experiência do item ‘e’, e observa a caixa se deslocar com velocidade constante sobre o gelo depois de receber o impulso:</p>
--

Figura 4 - Item 'g' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 04 – G15

Apesar de já terem resolvido um item envolvendo o gelo, E44 questiona a ausência do atrito:

- 1 E44: tem atrito no gelo?
- 2 [...]

1

A maneira como foram escritas as questões podem ter influenciado o estudante a questionar somente neste momento, pois o item ‘f’ deixa claro que a caixa é empurrada ‘sobre o gelo, que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:’, enquanto que o item ‘g’ só diz que a caixa se desloca ‘com velocidade constante sobre o gelo depois de receber o impulso:’. O diálogo continua com a discussão da pergunta do item sobre a velocidade da caixa:

- 3 E42: ‘como é a velocidade da caixa?’ constante.
- 4 E44: por que constante se ela *tá* diminuindo a
- 5 velocidade, não?
- 6 E42: o que que fala aqui?
- 7 E44: ‘se desloca com velocidade constante’, *ah*,
- 8 então ela não para?

Obviamente, se a velocidade é constante, a caixa não para, E44 questiona a possibilidade de algo nunca parar:

- 10 E44: que gelo é esse, *cara*?
- 11 E43: que?

- 12 E44: que gelo é esse? Nunca mais vai parar a caixa.
13 O gelo é, é, o Polo Norte
14 E42: é..., é o espaço!
15 E44: empurraram no Polo Norte a caixa
16 E44: empurraram no Polo Norte a caixa. Não tem
17 atrito no gelo?

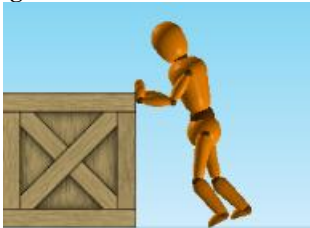
Nas linha 12 e 13, E44 está se referindo as dimensões do lugar onde esta caixa teoricamente está, a realidade mais próxima que pode permitir isto acontecer seria no Polo Norte (ou Polo Sul), pois há uma longa extensão de superfície coberta por gelo. A preocupação com a localização terrestre da caixa no item 'g', surgiu pelo fato de ela 'nunca' mais parar, implícita na parte da frase 'velocidade constante' do no item 'g'. No item 'f' a caixa já estava sobre uma superfície de gelo e o grupo G15 não demonstrou nenhuma preocupação com isso, embora a caixa também 'nunca' fosse parar, a dúvida surgiu somente quando a possibilidade de uma suposta situação foi questionada. Este trecho do diálogo dá margem ainda para imaginar o que os demais estudantes pensavam sobre a localização terrestre da caixa no item 'f', será que imaginavam ela sobre uma pista de patinação? Na região e no contexto econômico em que vivem estes estudantes, a superfície coberta por gelo que eles mais provavelmente conheçam seja esta.

Abaixo, está a análise do diálogo 05 do referente ao item 'h' da atividade:

Quadro 9 -Item 'h' da Atividade

Item h) Zé precisa parar a caixa que desliza sobre o gelo:

Figura 5 - Item 'h' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Como é a velocidade da caixa? É sempre a mesma ou varia?

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 05 – G15

E44 e E43 percebem um erro no exercício, pois se não há atrito a caixa não poderá ser parada, raciocínio próximo ao do E47 no diálogo 03 do grupo G16:

- 1 E44: pois é, que inteligência, se não tem atrito, onde é
- 2 que ele vai se apoiar?

Realmente, se não há atrito entre as superfícies, a caixa não poderá ser parada da maneira como mostra a figura, apesar de isto ser possível no simulador de onde as imagens são extraídas.

Os estudantes fazem este questionamento, mas prosseguem normalmente com a atividade. Ao final das análises desta categoria, foram apresentadas algumas reflexões quanto aos erros ‘físicos’ encontrados pelos estudantes e não percebidos durante a elaboração da atividade.

Abaixo, os Diálogos 06, 07, 08 e 09 relativos a resolução do item ‘i’ e a análise:

Quadro 10 -Item 'i' da Atividade

Item i) Zé empurra a caixa contra uma parede:

Figura 6 - Item 'i' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Os diálogos abaixo referem-se apenas a situação descrita e mostrada na figura. Não é uma situação que contradiz a realidade física e nem a cotidiana pelos estudantes, mas estes fazem questionamentos quanto ao objetivo ou a utilidade de se empurrar uma caixa contra a parede:

Diálogo 06

- 1 E48: empurra uma caixa sobre uma parede, porque
- 2 ele é burro, *cara!* Ele não vai atravessar a parede []
- 3 empurrar a caixa

Diálogo 07

- 1 E44: que inteligência!
- 2 E42: agora faz as ali, força normal da parede, força
- 3 de atrito, ela *tá* no chão ainda porque ele *tá* empurrando
- 4 contra a parede

Diálogo 08

- 1 E30: ‘Zé empurra a caixa contra a parede’ é um
- 2 burro [risos] é um burro

Diálogo 09

- 1 E38: ‘zé empurra caixa contra a parede’. Experto
- 2 *pra* [...] [risos]

A ‘atitude’ do boneco pode parece incomodar os estudantes, ora, para que empurrar uma caixa contra a parede? É comum empurrar uma caixa, um armário, um guarda-roupa até encostar em uma parede, mas contra ela é comportamento atípico, impróprio, de alguém que não está em perfeito juízo ou intelecto. É possível perceber isto pelas palavras ‘burro’ na linhas 2 do diálogo 06 e 08, e nas expressões ‘que inteligência’ e ‘experto *pra* [...]’ na linha 1 do diálogo 07 e nas linhas 1 e 2 do diálogo 09 respectivamente. Pode-se perceber aqui um certo grau de envolvimento com o exercício além do que

é requisitado para sua resolução, pois considerações pessoais sobre o comportamento de um boneco de uma simulação como se fosse uma pessoa.

Abaixo estão os diálogos 10 e 11, relativos ao item 'j':

Quadro 11 - Item 'j' da Atividade

Item j) Zé está empurrando a caixa sobre a superfície áspera de uma rampa, mas não consegue deslocar a caixa:

Figura 7 - Item 'j' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 10 – G10

Neste diálogo, E30 parece não compreender bem a situação descrita e que está concentrada mais à imagem, acreditando que a caixa está empurrando ‘Zé’ para baixo:

- 1 E30: então, *tipo*, tem isso aqui. Isso aqui é uma
- 2 rampa, *tá*. Isso aqui é a caixa, isso aqui é o Zé, quase
- 3 sendo esmagado pela caixa
- 4 E29: não dá bola pro zé
- 5 E30: esse zé é muito burro, *cara*. Isso aqui é força
- 6 de atrito, tem a força da gravidade também, *né?* Nesse
- 7 caso tem a força peso e a força do zé, força do zé. A
- 8 força do zé é a mesma que a força atrito

Na linha 4, E29 parece tentar desviar a atenção de E30, que está voltada ao personagem e não na situação física descrita. Implicitamente, no contexto em que elas se encontram – uma escola, uma sala de aula, fazendo

uma lista de exercícios sobre aplicação de forças – naquela atividade o foco é caixa e não quem aplica a força. Quem sabe ainda, para E29 não cabem julgamentos pessoais em relação às atitudes do personagem em uma atividade de física, mesmo na fase da vida em que se encontram, quando dão relevante importância à própria identidade e aos valores. Como no diálogo anterior, percebe-se afetividade de E30 com o personagem: ‘esse zé é muito burro, *cara*.’.

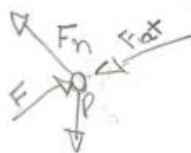
Diálogo 11

Neste diálogo, E47 questiona a situação do item detendo-se a detalhes da figura:

- 1 E47: também, olha a pose que ele *tá* empurrando,
- 2 o negócio *tá* inclinado ele *tá* empurrando *pra cá*
- 3 E46: *pra* baixo, é o que eu *tô* falando e tu fez como
- 4 se ele estivesse empurrando *pra* cima.

O estudante que fez o diagrama representou a força do ‘Zé’ paralela a direção do movimento, o que não sugere a figura:

Figura 8 – Diagrama de forças do item 'j' da atividade



Fonte: Atividade desenvolvida po G16

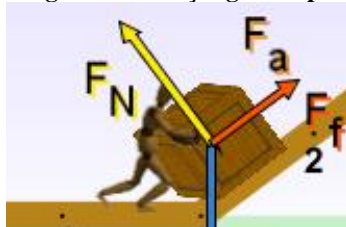
E47 continua a questionar a situação, mesmo tendo E45 sugerido o término da discussão:

- 7 E45: vai assim mesmo *cara*, eu quero terminar isso,
- 8 eu não quero fica a aula toda
- 9 E46: [] o braço dele *tá* em cima da caixa
- 10 E47: cadê o braço dele, vocês estão vendo?

- 11 E45: aqui ó
 12 E46: fazendo assim ó, tá assim ó.
 13 E47: não vai conseguir empurrar nunca mesmo.
 14 [risos]
 15 E45: não, ele tá tipo, é com o joelho e com tudo. É
 16 como se fosse empurrar uma caixa pra cima
 17 E47: ah, o joelho dele tá apoiando e ele tá
 18 empurrando, é a mesma coisa.

E47 acredita que se a força sobre a caixa for aplicada como representa a figura, a caixa não poderá subir a rampa. A força deveria ser aplicada paralelamente à rampa, mas está paralela ao plano horizontal. De fato, a força aplicada na posição em que o boneco se encontra na figura dificilmente poderia ser paralela à rampa, mas ao plano horizontal. No entanto, o simulador não a representa desta forma:

Figura 9 – Diagrama de forças gerado pelo simulador



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Embora a imagem pareça que o boneco empurra a caixa com o joelho, como sugere E47, é possível perceber no uso do simulador que isto não acontece. Junto às reflexões dos erros ‘físicos’ encontrados pelos estudantes e não percebidos na elaboração da atividade, são apresentadas algumas reflexões sobre as imagens geradas pelo simulador.

A seguir, os Diálogos 12, 13, e 14, referentes ao item ‘1’ da atividade e a respectiva análise:

Quadro 12 - Item 'I' da Atividade

1) Zé observa a caixa descer a rampa coberta de neve com sua velocidade aumentando:

Figura 10 - Item 'I' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 12 – G10

Assim como no Diálogo 10, E30 detêm sua atenção ao contexto da situação. Aqui, os estudantes acham graça da situação em que há neve e Zé está passando frio:

- 1 E30: Zé observa a caixa descer a rampa coberta de
- 2 neve
- 3 E29: tem neve?
- 4 E30: ele não *tava* com frio *cara* []. [risos]
- 5 E29: lembra que antes a caixa *tava* deslizando no
- 6 gelo?
- 7 E30: não *cara*, ele arranja gelo [refere-se a neve],
- 8 não sei da onde, espalha no chão assim e vai vai assim
- 9 e vai assim mesmo
- 10 E29: *tá*, vai

As alunas questionam como a situação pode mudar tão rápido, isto só seria possível se o personagem carregasse neve com ele para poder espalhar pelo chão. Embora seja apenas uma brincadeira, isto indica que houve envolvimento com a atividade. Nem se quer imaginava que tais discussões podiam se desenvolver, mas isto mostrou que por mais artificial

ou hipotético que seja o contexto, ainda existe envolvimento com a dinâmica da atividade.

Diálogo 13 –G16

Os estudantes brincam com a situação descrita no item e da imagem, pois se a caixa desce a rampa, ela vai bater no personagem:

- 1 E47: vai morrer. [risos]
- 2 E45: vai ser atropelado. Nossa que zé inteligente.
- 3 [risos]

Percebe-se a atenção dos estudantes ao contexto da situação, assim como em diálogos anteriores. A fala da aluna é relevante, pois uma pessoa em uma situação real como a descrita não iria ficar na frente da caixa, pois seria machucada.

Diálogo 14 – G09

Os estudantes discutem a existência do atrito no gelo:

- 1 E24: a força da neve, é sei lá, peso é maior que o
- 2 atrito da neve. A neve não tem atrito, né?
- 3 {}: não, né?
- 4 E23: ei, a neve não tem atrito, né?
- 5 {}: claro que não!
- 6 E27: tudo tem atrito, né?
- 7 [muitos sussuros discutindo a situação]
- 8 E25: tem, mas a dela é muito pequena
- 9 E27: então, mas tudo tem atrito
- 10 {}: mas a dela é menor
- 11 E28: porque, *tipo*, porque é mais lisa, né?
- 12 E23: é

Param a discussão sem chegarem a uma conclusão, mas no momento de representar as forças todos aceitam que existe atrito, mas é pequeno:

- 15 E28: a do peso
- 16 E23: a do peso é grande ou é pequena?

15	E26: a do peso é pequena
16	E24: <i>tá</i> , e a força normal é aquela
17	E28: <i>tá</i> , vamo, e o atrito aqui? É pequeno <i>né</i> ?
18	{ }: <i>uhum</i>
19	E26: <i>é...</i>

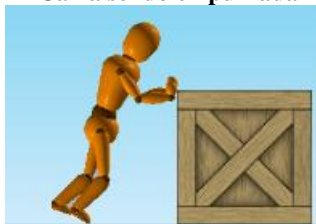
Na linha 09, enquanto para E25 pode-se considerar que o atrito não existe quando este é muito pequeno, para E27, apesar de ser pequeno, ainda existe. O que fez as alunas discutirem tal consideração, entre desprezar ou não o atrito? E25 pode ter se baseado nos exemplos feitos pelo professor em que era explicitamente desprezado o atrito quando muito pequeno, enquanto que E27, na fala do professor em aulas expositivas sobre a sempre existência de atrito entre superfícies em contato ou ainda, como no caso de E47, no Diálogo 03, no vídeo sobre as Leis de Newton. De qualquer forma, o contexto de sala de aula promoveu uma discussão posterior e mesmo sendo comum às duas estudantes, produziu diferentes significações sobre a realidade, possivelmente, determinados pela história de cada uma, pelo contexto extraescolar vividos por elas.

Análise geral da categoria ‘A’

Um fato que chama a atenção são os ‘erros’ encontrados pelos estudantes como nos diálogos 03 e 05.

No diálogo 03, E47 questiona se é possível empurrar ‘constantemente’ uma caixa sobre uma superfície sem atrito como é representado na imagem do item ‘f’:

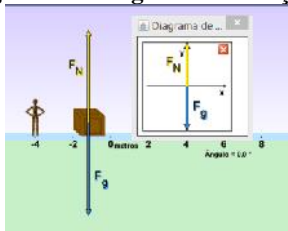
Figura 11 - Caixa sendo empurrada no item ‘f’



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

No diálogo 05, E43 e E44 questionam se é possível parar uma caixa na ausência de atrito. Se a caixa desliza sobre o gelo, que desde o início da atividade é considerado sem atrito, não é possível parar a caixa, mas a simulação de onde foram extraídas as imagens permite isso. Poderia se pensar que o simulador considera um atrito mínimo no gelo, mas pode ser observado que no digrama de forças exibido pelo simulador que enquanto a caixa desliza sobre o gelo que a força resultante é zero:

Figura 12 - Diagrama de Forças



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Ao selecionar os simuladores e confeccionar os exercícios não percebeu-se os detalhes dos pontos de aplicação nas imagens e das impossibilidades físicas apresentados pelos estudantes, somente na transcrição das falas. Parece que professores e estudantes mais experientes representam forças automaticamente, como se houvesse um padrão a ser seguido, como se a única coisa que pudesse ser feita com as imagens em um exercício sobre forças fosse representá-las. É como se houvesse um apagamento da maneira como se lê a imagem, o foco no caso desta atividade, é a caixa, que muitas vezes o que se vê é apenas um ponto material, mesmo quando não representado. Naturalmente, os estudantes leem a imagem como um todo, e embora o exercício solicitasse apenas um diagrama de forças, os estudantes discutiram muito mais questões do contexto do que da representação. Acredita-se, sem possibilidade de constatação nesta pesquisa, que um número de professores e estudantes já iniciados representariam as forças da mesma maneira que estão presentes nas figuras. Que nem sequer fariam tais questionamentos sobre o contexto ‘físico’ e sociocultural do boneco Zé.

É claro que a consideração do atrito pelo simulador, por mínimo que seja, poderia comprometer o entendimento da relação entre força e

movimento, considera-se portanto, a partir das significações da realidade produzidas pelos estudantes, que o caráter representacional dos simuladores e também das imagens estáticas, devam ser explicitadas durante as aulas.

Em geral, os estudantes questionam a veracidade da situação baseando-se no contexto vivido, em suas percepções físicas e nas imagens utilizadas na atividade geradas pelo simulador.

Nesta categoria, percebeu-se que da idealização de um exercício emergem questionamentos que nem se quer tangenciam as ideias do professor, ele está unicamente preocupado com o conceito físico, muitas vezes só acessível por situações hipotéticas, não só pela dificuldade da realização de experimentos, mas também pela impossibilidade de mudar o que é real. Eis um ótimo momento para se discutir o cerne da natureza da construção do conhecimento físico: as idealizações. Uma oportunidade sempre presente nas aulas de física, mas quase nunca aproveitada. Assim como discussões acerca das limitações da simulação, conforme supracitado,

Pensamos que esta dificuldade poderia ser utilizada para desmitificar a concepção comum de que os programas de simulação se comportam igual à realidade. Poderia ser extremamente educativo mostrar que algo não tenha sido previsto pelo software. Cremos que as simulações devem apresentar-se como modelos dinâmicos da realidade que incluem somente alguns aspectos da mesma, aqueles que quem projetou a simulação considera relevantes (Santos, Otero e Fanaro, 2000, p.63, tradução nossa).

Categoria B: estudantes que exemplificam/simulam situações parecidas com a do exercício

Nos diálogos seguintes os estudantes fazem uso de exemplos, demonstrações e experiências e suposições para sua própria compreensão da situação descrita na atividade ou para compreensão de seu(s) colega(s). O que chama a atenção é a busca por e, a inserção de, elementos da realidade vivida para compreensão de uma suposta ou representada realidade. Muitos autores, ao tratar sobre o ensino de Física no Ensino Médio, fazem referência da importância da sua relação com o cotidiano (REBEQUE; SILVA;

KANDA, 2009), (CHIQUELTO, 2005), (BRASIL, 2002), entre outros, isto estende-se a prática da resolução de exercícios por ser amplamente realizada nas aulas de Física. Defende-se que exercícios e conteúdos devem ser contextualizados, dentro do cotidiano dos estudantes, que lhes façam sentido, etc. para que se envolvam mais e que se sintam mais desafiados/motivados a resolver tais exercícios ou problemas. Apesar de não ter sido utilizados exercícios deste tipo nesta pesquisa, nestes diálogos, assim como na categoria 'a', que mesmo exercícios que talvez não envolvam nenhuma das características acima citadas, são capazes de promover discussões, muitas vezes intensas e acaloradas.

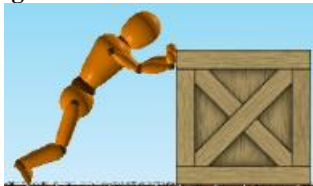
Poderia se pensar, assim como na análise do diálogo 03 da categoria 'A', que estas discussões são somente realizadas em função da avaliação, da nota, mas este tipo de discussão ocorreu em grupos compostos por estudantes que apresentavam baixo e ótimo rendimento, e se a questão fosse somente a nota, seria mais apropriado/conveniente aceitar as ideias e significações da realidade dos estudantes que apresentavam melhor rendimento na disciplina, sem discutir a física envolvida na atividade. Se estas discussões se desenvolveram durante a realização do exercício sem ser pela questão avaliativa é porque houve envolvimento com a atividade, que não se originou em razão da avaliação.

Abaixo são apresentados os diálogos 15, 16 e 17, ocorridos durante a resolução do item 'a' da atividade:

Quadro 13 - Item 'a' da Atividade

Item a) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície rugosa e ela continua parada:

Figura 13 - Item 'a' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 15 – G16

Na linha 3 deste diálogo, E47 realizada aponta para superfícies ao seu redor que estavam ao seu redor para que E45 compreenda o que é ‘rugosa’:

- | | |
|---|----------------------|
| 1 | E45: O que é rugosa? |
| 2 | E46: que não é lisa |
| 3 | E47: que é assim, ó |
| 4 | E45: <i>aham</i> |

Embora a explicação não se refira ao entendimento do item, E47 não usa palavras para explicar o que é rugoso, mas uma demonstração.

Diálogo 16

Parece que para E33, quando se empurra algo sobre uma superfície rugosa, há uma força que atrapalha o movimento e resolve questionar as colegas:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 | E33: sabe quando a gente lixa a unha? |
| 2 | E31: ahm |
| 3 | E32:então |

E31 esclarece que o que é esta força na linha 5 e E33 demonstra compreender na linha 8:

- | | |
|---|------------------------------|
| 5 | E31: então! Esse é o atrito. |
| 6 | E32: pois é |
| 7 | E31: isso é o atrito |
| 8 | E33: ahm! |
| 9 | [...] |

Enquanto E32 apaga algo, E33 se refere ao atrito na linha 12, provavelmente em relação à ação de E32:

- | | |
|----|--|
| 10 | E32: [...] Que bom <i>né?</i> Isso aqui apaga, isso aqui é |
| 11 | de <i>botar</i> no lápis |

- 12 E33: olha aqui atrito, *ó*. Pegar isso aqui e fazer isso
13 aqui.

Apesar de não acontecerem discussões sobre a natureza do atrito, percebe-se que os estudantes fizeram relação entre os conceitos físicos e a realidade cotidiana, possibilitando a produção de novas significações da realidade.

No Diálogo 17 e 18, este último ocorrido durante a resolução do item 'b' da atividade, os estudantes exemplificam, para uma melhor compreensão dos colegas, as situações descritas nos itens substituindo as forças do exercício por outras:

Diálogo 17 – G14

Aqui, o grupo discute o sentido da força de atrito:

- 1 E40: a força que o *carinha tá* fazendo, a força do
2 *cara é pra cá*
3 E39: é porque ele *tá* empurrando assim
4 E41: *tá*, chama ele
5 E40: ele *tá* empurrando *pra cá*, não *tá*? A flecha *tá*
6 indo *pra lá*. Pera aí, cadê o seu [senhor]?
7 E41: procura ele

Após conversarem com o professor:

- 10 E40: falei
11 E41: então *pra cá*...
12 E40: *pra cá* é a força, *pra lá* é a força do atrito
13 E41: *pra cá* é... é *fat* [símbolo de força de atrito]
14 [...]
15 E41: *tá*, só que eu não entendi porque o atrito é *pra*
16 *lá*
17 E39: porque é a força contrária
18 E40: o atrito é força contrária. O atrito *tá* fazendo
19 *pra lá* e ele *tá* fazendo *pra cá* entendeu?

E40 exemplifica para E41 a situação descrita substituindo a força do personagem e a força de atrito pela sua força e de E39:

- 22 E39: *tipo, tá eu e a E40 assim empurrando*
23 E41: *ah, tá tá tá*
24 E39: eu *tô* empurrando a E40, a E40 *tá* me
25 bloqueando. A E40 não *tá* deixando eu ir.

26

A atitude de E40 é típica do professor, do contexto escolar, em que muitas vezes se faz analogia, entre outras coisas, para que o entendimento/compreensão das situações aconteça. Embora também se faça coisas assim no cotidiano, a escola ‘é o lugar em que se aprende’, portanto há uma necessidade implícita que E41 compreenda a situação, sendo o principal responsável, mas não exclusivo, o professor. Talvez por isso, E39 se voluntariou a ‘exemplificar’. Pode-se perceber nas linhas 15 e 16 que E41 disse que não estava entendendo, mas não pediu que alguém explicasse. Chama atenção também, a relação feita por E39 entre o real vivido e o real suposto nas situações cotidianas do estudante, que fundamentaram sua explicação para E41, e provavelmente também a sua compreensão.

A seguir, o diálogo 18, ocorrido na resolução do item ‘b’ da atividade:

Quadro 14 - Item 'b' da Atividade

Item b) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície áspera e ela se move com velocidade constante:

Figura 14 - Item 'b' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 18 – G16

Nas linhas 1 e 2, E46 está se referindo ao enunciado:

- 1 E46: empurra, não quer dizer que está se
2 mexendo.

A discussão é parecida com a do Diálogo 15 no momento em que as forças envolvidas na atividade são substituídas por outras:

- 3 E45: *tá* ele empurra. *Tá* eu empurro e tu empurra e
4 ela continua parada. Isso significa o quê?
5 E46: que as duas forças são iguais.

A diferença entre este e o diálogo anterior é que o estudante que substitui as forças é quem quer compreender a situação. De qualquer forma busca-se da própria experiência fundamento para a compreensão de um suposto real.

Abaixo, o item 'c' da atividade e o Diálogo 19, ocorrido em sua resolução:

Quadro 15 - Item 'c' da Atividade

item c) Zé empurra uma caixa sobre um contra piso de cimento ela se move aumentando sua velocidade:

Figura 15 - Item 'c' da Atividade



Diálogo 19

Neste diálogo, os estudantes discutem sobre a superfície de contato:

- 1 E41: então, então o chão é liso?
- 2 E39: não
- 3 E40: [] o chão é aspero
- 4 E39: só se o piso for bem....passado bem... aquela
- 5 coisa que eles passam na parede, *pra* ficar bem lisinha
- 6 a parede

Para E39, um contrapiso de cimento só pode ser liso este ‘tratado’ como uma parede lisa, provavelmente refere-se a massa-corrida ou ao calfino.

- 7 E40: é
- 8 E39: só se eles fazem isso no chão, mas é difícil.

Aqui, E39 faz uma suposição, uma hipótese, cria uma condição para que o chão seja liso. Geralmente, na elaboração das atividades o professor não supõe o levantamento de hipóteses por parte do estudante. Espera²⁸ que o estudante conspire com ele em seu ‘modelo’ de exercício, em que o contexto não interfere no fenômeno e as palavras utilizadas não são carregadas de significados além daquele que ele tem. Talvez, além das constatações já encontradas, a atenção do estudante estar no contexto e não no objeto-modelo pode estar ligada a dificuldade de se resolver exercícios e a consequente pronúncia da frase ‘O que que é pra fazer aqui, professor?’, por melhor que seja o rendimento do estudante.

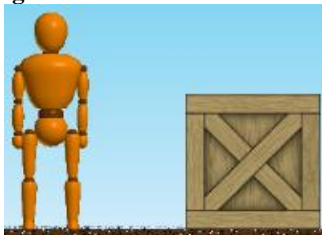
Os Diálogos 20 e 21 a seguir, ocorreram durante a resolução do item ‘e’ da atividade:

²⁸ Como aconteceu nesta pesquisa.

Quadro 16 - Item 'e' da Atividade

Item e) Zé dá um grande impulso na caixa e ela se desloca por um tempo diminuindo sua velocidade:

Figura 16 - Item 'e' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 20 – G13

Neste Diálogo os estudantes realizam experimentos de pensamentos na linha 1, e com seus materiais da linha 8 a 13, quando também se coloca no lugar do personagem. Na linha 6, E38 acha graça o pleonasmo ‘*vai indo*’:

- 1 E36: *tipo*, sabe quando tu pega um carrinho....
- 2 E38: *tipo*, assim?
- 3 E36: se supermercado, que tu pega empurra e *vai*
- 4 *indo*?
- 5 E37: *aham*
- 6 E38: *vai indo*?
- 7 [...]
- 8 E37: é a mesma coisa que eu fazer assim *ó cara!*
- 9 [...]
- 10 E36: que *vê*, dá aqui, oh. Empresta o caderno. Zé,
- 11 eu sou o Zé
- 12 E38: *tá*, vai
- 13 E36: eu sou o Zé, e dei um grande impulso na caixa
- 14 E37: *aham*
- 15 E36: e foi

Na linha 13, quando E36 diz ser ‘o Zé’ e que deu um ‘grande impulso na caixa’ ela está utilizando o caderno e os estudantes observam este se deslocar por um tempo até parar. Como em diálogos anteriores, são estabelecidas relações entre a vida cotidiana e o exercício da atividade. O grupo termina o item sem problemas.

Diálogo 21 – G14

Neste diálogo E41 não compreende como o personagem deu impulso na caixa e está parado:

- 1 E41: a última é diferente, ó: ‘Zé dá um grande
- 2 impulso na caixa e ela se desloca por um tempo
- 3 diminuindo sua velocidade:’. Aí quando tu tá com uma
- 4 mesa assim ela vai... eu não entendi essa
- 5 E40: como ele deu um impulso e ele tá ali parado?
- 6 Olha.
- 7 E39: porque de certo ele já deu o impulso e a caixa
- 8 andou

Infelizmente, após a linha 8 o áudio estava corrompido, o que impossibilitou saber como se desenvolveu a discussão, mas verifica-se que nesta mesma linha, E39 faz uma suposição, levanta hipóteses do que aconteceu antes de ele estar parado perto da caixa como se estivesse posando para a fotografia. Talvez a dúvida de E41 esteja relacionada a sua significação da palavra impulso ou em relação a imagem - poderia pensar que se o enunciado do item diz que ele ‘dá um grande impulso’ então a imagem deveria ilustrar isto.

Abaixo é apresentado o Diálogo 22 referente ao item ‘f’ da atividade e a análise:

Quadro 17 - Item 'f' da Atividade

Item f) Zé precisa agora empurrar constantemente a caixa sobre o gelo, que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:

Figura 17 - Item 'f' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 22 – G13

Neste Diálogo, E38 e E37 tentam explicar e demonstrar para E36 o que é o atrito:

- 1 E36: [] é o atrito
- 2 E38: não, o atrito é quando
- 3 E36: é, superfície não é [] lisa

E37 inicia uma nova explicação, mas é interrompido por E36 na linha 5:

- 4 E37: a superfície
- 5 E36: eu sei, eu sei, eu sei. Não precisa fazer isso aí!
- 6 E38: é quando o objeto *tá* encostando em uma
- 7 superfície
- 8 E36: *tá* bom, eu sei!

E37 parece ter empurrado algo para vê-lo parar:

- 9 E37: *é tipo* assim, isso aqui é o atrito, entendeu
- 10 E38: aí para
- 11 E37: aí para
- 12 E38: diminui a velocidade
- 13 E37: aí caí
- 14 E37: *é tipo* assim, isso aqui é o atrito, entendeu?

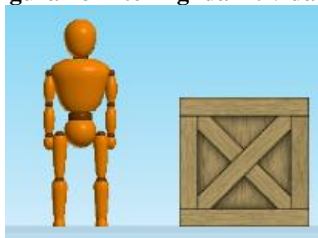
Apesar de E36 não querer receber as explicações, E37 e E38 insistem em fazê-las. Não há uma se quer fala de E37 e de E38 em relação à ‘necessária’ compreensão de E36 para uma futura avaliação, isto está implícito, talvez por isso, inconscientemente, os dois fazem tal esforço. Como na análise do Diálogo 17, supõe-se que o contexto escolar determinou o comportamento de E37 e E38.

A seguir, o item ‘g’ da atividade e o Diálogo 23:

Quadro 18 - Item 'g' da Atividade

Item g) Zé repete a experiência do item ‘e’, e observa a caixa se deslocar com velocidade constante sobre o gelo depois de receber o impulso:

Figura 18 - Item 'g' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 23 – G05

Os estudantes realizam algum experimento na sala de aula, provavelmente no chão, foi possível perceber que elas se afastam do gravador pela diminuição da intensidade sonora da gravação. Elas discutem porque o objeto para:

- 1 E11: ele deu um impulso. *Tá, ele tipo, ele pegou e*
- 2 *puxou o negócio...*
- 3 E12: vamos fazer E11: ele pegou e impulsionou.

- 4 E12: impulsionou. *Tá*, daí ela foi diminuindo, aqui
5 ela parou porque tem atrito

Parece que para E11 atrito é uma força que contraria o movimento, mas que não está relacionado à rugosidade da superfície:

- 6 E11: porque tem atrito, mas, porque que, *ah!*
7 Porque tem atrito e tem coisa no chão.
8 E12: o que que tem no chão? Sujeira só.
9 E11: não, tem.... Ele é áspero, o chão. Então por
10 isso que ele parou.

E12 traz compara a situação dos exercícios com uma suposta situação real cotidiana:

- 11 E12: *pra* não escorregar. Mas coloca lá em casa
12 assim enceradinho *pra* tu vê. Vai parar só quando...
13 E12 e E11: só quando tiver alguma coisa para parar
14 ela
15 E11: mas lá, no item
16 E12: no gelo não tem nada que para.
17 E11: no gelo é uma superfície extremamente lisa

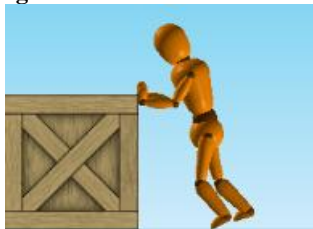
O grupo termina o item sem maiores discussões, mesmo com os equívocos de E11. Chama atenção o fato de realizarem o experimento mesmo tendo consciência as superfícies da situação do item e da que ocorre o experimento são razoavelmente diferentes, mas que, em termos de movimento, poderiam diminuir estas diferenças com uso de cera.

Abaixo, o Diálogo 24, ocorrido durante a resolução do item 'h' da atividade:

Quadro 19 - Item 'h' da Atividade

Item h) Zé precisa parar a caixa que desliza sobre o gelo:

Figura 19 - Item 'h' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 24 – G14

Neste Diálogo, os estudantes tentam compreender o que causou o movimento da caixa, já que o personagem está tentando pará-la. E41 formula uma hipótese para descrever o a situação:

- 1 E41: *ah*, daí ele trocou de lugar, *ó*
- 2 E40: agora a força dele é *pra cá*
- 3 E41: não, *tipo*, ele empurrou a caixa, daí ele foi pro
- 4 outro lado da caixa *pra* parar a caixa. [risos] É a força
- 5 contrária daí.

O levantamento da hipótese pode ter se dado pela sequência das situações e das figuras dos itens. Até o item ‘g’, o personagem sempre esteve do lado direito da caixa empurrando a caixa neste sentido, então, inconscientemente para os estudantes, ele deve ter empurrado e depois ido para o outro lado e tentado parar a caixa. Também, até o item ‘g’, nenhuma outra força, além da do personagem Zé, causou²⁹ o movimento da caixa, todas as superfícies eram planos horizontais, logo, a única forma de ela ter movimento é pela força dele. Nesta categoria as significações da realidade física tiveram origem comparações e aproximações com a realidade cotidiana dos estudantes.

²⁹ Isto no pensamento das estudantes, já que não é necessária uma força para que exista movimento.

Categoria C: noção implícita de exercício modelizado

Nesta categoria, os Diálogos mostram algumas percepções dos estudantes acerca das idealizações existentes em exercícios no tratamento da realidade.

Abaixo, segue o item 'f' da atividade, os Diálogos 25, 26 e 27 e a respectiva análise:

Quadro 20 - Item 'f' da Atividade

item f) Zé precisa agora empurrar constantemente a caixa sobre o gelo, que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:

Figura 20 - Item 'f' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

O que se pode afirmar segundo a primeira lei de Newton sobre a velocidade desta caixa?

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 25 – G16

Este diálogo é uma parte do Diálogo 3, analisado na categoria ‘A’, sobre outra perspectiva. Aqui, E46 parece considerar que há duas situações a serem consideradas: a real - vivida em seu cotidiano, talvez imodificável - e a real suposta - idealizada, modificável, enquanto E47 parece admitir somente a primeira. Eles discutem a ausência do atrito na situação descrita pelo item ‘f’ da atividade quando E47 defende a presença do atrito:

1 E47: não gente, vocês não tão entendendo. Não tem
2 atrito com o chão, mas o atrito com o ar sempre vai ter

E46 acredita que deve-se considerar que não existe atrito:

3 E46: depende, se ele [o exercício] diz que não vai
4 ter atrito []
5 [...]
6 E47: sempre vai ter atrito com o ar, vocês não
7 viram o vídeo? Que lugar do planeta que ele vai tar que
8 não vai ter ar? Não tem atrito com o chão, mas com o
9 ar tem.

Na linha 3, quando E46 usa a palavra ‘depende’, ele está diferenciando a realidade da situação física considerada, ou seja, para ele existe atrito, mas ‘se ele [o exercício] diz que não vai ter atrito’, não é necessário discutir sua presença.

No item, quando diz ‘que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:’, está se referindo ao gelo, ao chão, à superfície de contato com a parte inferior da caixa, isto pode ter gerado a inferência de E46, pois o enunciado não faz referências às superfícies laterais e superior da caixa, portanto entre estas e o ar, pode sim existir atrito. Por apresentarem algumas semelhanças, a análise posterior à apresentação do Diálogo 26 remete-se também ao Diálogo 25.

Diálogo 26 – G13

A pedido dos estudantes do grupo, o professor tenta esclarecer a pergunta do item ‘f’, que quer ‘saber’ se a velocidade é constante ou variável. Apesar da pergunta não parecer clara, a maioria dos exemplos dados em sala de aula, esta pergunta foi feita. A resposta para quando o somatório das forças era igual a zero era constante³⁰ e quando diferente de zero, variável. Como E46, na linha 3 do diálogo anterior, E38 usa a palavra ‘depende’ na linha 8 para separar o exercício da realidade quando se trata de considerar a resistência do ar:

³⁰ Em módulo, direção e sentido.

- 1 E36: o *seu* [senhor], explica *pra* nós essa aqui
2 [...]
3 Professor: muito bem, se não tem atrito, a força
4 resultante aqui é igual à zero? Nessa direção aqui? É
5 sempre bom olhar direção por direção, *né?* Direção
6 vertical, direção horizontal. Nessa direção aqui a força
7 resultante é igual ou diferente de zero?
8 E38: depende, conta com a resistência do ar
9 também ou não?
10 Professor: não, pode tirar, mas é muito boa a tua
11 colocação. Tira a resistência do ar, a força resultante é
12 igual ou diferente de zero?

No contexto escolar, os conteúdos tornam-se exercícios, estes descrevem³¹, tocam e supõe, mas não são a realidade, especialmente os de física. O exercício é um modelo implícito de se tratar o real, não vale considerar se é verdade, se é suposição, o que vale naquele momento é o que está escrito, que deve ser terminado, provavelmente corrigido e avaliado. Em geral, nos exercícios de livros didáticos, e na elaboração desta atividade, quando são ‘usadas’ superfícies lisas, é para se indicar a ausência de atrito com o ‘chão’ e automaticamente com o ar. Para os professores, não se precisa dizer que em um exercício, se não há atrito com chão não há com o ar, é automático, um padrão. Parece que o conhecimento transposto do científico para o escolar citado na seção 1.2 por Cupani e Pietrocola (2002), sofre mais algum tipo de transposição, em que se perdem as relações com o contexto real, pois se aplicam somente a um determinado contexto de validade, geralmente, idealizado e, portanto, não real e que esta condição quase sempre é implícita. Isto infere que a produção dos sentidos sobre realidade está relacionada à história de cada um. Não está de forma alguma, condenando a prática de resolução de exercícios, nem mesmo modificá-la nesta análise, mas somente chamando a atenção para o automatismo em que isto ocorre no contexto escolar, para o padrão implícito existente, não só para estudantes, mas para toda comunidade intra e extraescolar.

³¹ Parcialmente, assim como os modelos.

Diálogo 27 – G10

O grupo resolve o item sem discussões e questionamentos, quando E30 faz um comentário sobre a natureza do atrito:

- 1 E30: o gelo é bastante escorregadio, *né?* Quase liso,
- 2 nenhuma superfície é totalmente lisa porque porque
- 3 tem elevações super minúsculas [] *tipo*, um campo com
- 4 brita, mas tão pequeno, tão pequeno que a gente não
- 5 enxerga, parece que *tá* tudo lisinho

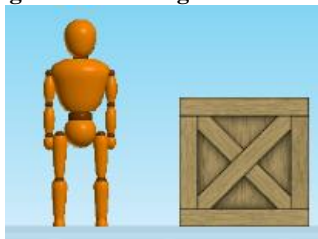
Este comentário, de que nenhuma superfície é ‘totalmente lisa’ foi feita em sala pelo professor, mas há uma aceitação de que no exercício isto é possível, pelo menos para sua resolução. Na significação de E30, parece natural os exercícios tratarem a realidade de forma aproximada ou suposta.

Abaixo, os Diálogos 28 e 29, ocorridos na resolução do item ‘g’ da atividade, assim como algumas considerações:

Quadro 21 - Item 'g' da Atividade

g) Zé repete a experiência do item ‘e’, e observa a caixa se deslocar com velocidade constante sobre o gelo depois de receber o impulso:

Figura 21 - Item 'g' da Atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Como é a velocidade da caixa? É sempre a mesma ou varia?

Fonte: atividade para os estudantes elaborada pelo autor

Diálogo 28 – G15

Neste Diálogo, E42 questiona o professor quanto ao tratamento dado pelo exercício à velocidade da caixa:

- 1 E42: o seu [senhor] ali naquela questão ali, que fala
- 2 sobre a caixa no gelo, ela nunca vai parar, aquela
- 3 caixa? ela é obrigada a parar, *né?* Mas ali *tá* falando
- 4 que é constante, então nunca vai parar
- 5 Professor: *é*, se a velocidade for sempre constante,
- 6 nunca vai parar

Para ele, o exercício está supondo, idealizando uma realidade:

- 7 E42: então aqui no exercício nunca vai parar
- 8 Professor: no exercício, acho que não. E na vida
- 9 real, *será?*

Nas linhas 9 e 13, os estudantes mostram que inserindo-se elementos reais ao exercício, ou seja, tornando-o menos idealizado, aquela situação não é possível:

- 10 E43: para
- 11 Professor: *será* porquê?
- 12 E44: tem atrito []
- 13 E43: porque vai acabar o gelo [risos]
- 14 E42: porque, porque nos *tamo* na Terra.
- 15 Professor: mas se não acabar o gelo?
- 16 E42: mas nós *tamo* na Terra, tem forças exercendo
- 17 sobre a caixa
- 18 E43: *ah*, mas algo []
- 19 Professor: quais as força por exemplo?
- 20 E42: o vento, o vento é bastante
- 21 E44: a gravidade eu acho
- 22 Professor: embora ali *tá* falando que não tem atrito,
- 23 mas...*será* que não tem nenhum atrito no gelo?
- 24 E44: tem, mas no exercício fala que não
- 25 Professor: *ah*, tem, mas no exercício fala que não,
- 26 é isso aí

Nas linhas 22 e 23, embora a pergunta do professor sugira que a resposta seja sim, E44 a contrapõe dizendo que ‘no exercício fala que não’ na linha 24, mas no entanto não questiona o fato de o exercício ter esta característica. É possível que para ele, inconscientemente, isto é normal, característico de exercício.

Diálogo 29 – G17

Neste diálogo os estudantes discutem a resposta da pergunta do item em relação a velocidade da caixa. E48 apresenta com clareza a idealização do exercício:

- 1 E48: ‘como é a velocidade da caixa?’ [escrevendo]
- 2 é constante, pois o gelo não possui atrito.
- 3 E48: vou *botar* um *bagulho* [aspas na palavra
- 4 possui] só *pra* ele [professor] se ligar que possui atrito!
- 5 É só uma suposição que não possui atrito, mas possui
- 6 *cara*. [...]

E48 parece desejar deixar claro ao professor que sua resposta à pergunta é esta porque está considerando a ausência de elemento que está sempre presente – o atrito - e se fosse responder como seria a velocidade na realidade, e não o que o exercício e/ou professor quer, a resposta seria outra e justamente a oposta: velocidade variável.

Abaixo, a resposta do grupo a pergunta do item:

Figura 22 - Resposta de E48

R: É constante pois o gelo não "possui" atrito
e com isso a caixa desliza e mantém
a velocidade constante pois ele não tem força de atrito

Fonte: atividade executada pelo grupo 17

Análise geral da categoria ‘C’

Não são discutidos aqui a função da resolução de exercícios, mas na escola, geralmente os professores trabalham com os estudantes determinados assuntos e posteriormente aplicam lista de exercícios para serem resolvidas/respondidas. Às vezes, as respostas encontram-se diretamente no texto, sem exigência do uso do raciocínio, de conexões com outros assuntos, contextos e outras vezes não. De forma simples, pode se dizer que o assunto refere-se a uma dada realidade e os exercícios, por sua vez, exigem que os estudantes se aproximem, que tenham um pouco mais de afinidade com ela, que à signifiquem. Alguns estudantes demonstraram crer que há um distanciamento entre a ‘realidade vivida’ e a ‘realidade física’ e ainda, entre a ‘realidade dos exercícios’. Que esta última é suposta, idealizada, como nas linhas 3 e 4 do Diálogo 25, nas linhas 8 e 9 do Diálogo 26, todo o diálogo 27, das linhas 1 à 4 do Diálogo 28, e da linha 3 à 5 do Diálogo 29. Esta ruptura não é questionada pelos estudantes e nem mesmo pelos professores, é uma cultura incrustada no contexto escolar, é um padrão, não necessariamente imposto, mas esculpido durante o tempo.

Como no referencial teórico deste trabalho, estas idealizações são necessárias para compreender determinados fenômenos, para a construir modelos. É da natureza da construção do conhecimento científico idealizar, desprezando propriedades ‘não elimináveis’³² e incluindo propriedades não existentes³³, mas em que momento histórico esta natureza deixou de ser explícita? Será que algum dia foi explícita? Como consta na apresentação deste trabalho, ‘a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais’ (PCN+, 2002), desta maneira, acredita-se que a natureza, anteriormente citada, deve ser em explicitada em sala de aula. Poder ser em comentários ou tópicos durante todo o Ensino Médio ou especificamente como assunto propriamente dito, talvez juntamente com as disciplinas de Filosofia e/ou Sociologia. Sabe-se das inúmeras dificuldades de isto se tornar realidade, que passa pela tradição sequencial dos conteúdos de Física, ao número de aulas semanais, à ‘falta de base’, à formação inicial e continuada, à pesquisa, às políticas públicas, uma

32 Como o atrito entre superfícies

série de fatores que se retroalimentam e formam uma estrutura extremamente rígida.

2º MOMENTO: ANÁLISE DA ATIVIDADE COM SIMULADOR³⁴

Nesta análise, os diálogos não foram categorizados como foi realizado anteriormente na atividade de representação de forças, um relato geral de como a atividade foi conduzida foi produzido e as falas produzidas por grupo, que indicaram novas significações a partir deste novo contexto foram transcritas.

O foco da atenção dos estudantes neste 2º Momento esteve mais voltado à representação das forças e não à discussão em relação as diferentes situações físicas que envolviam o objeto-modelo da atividade - a caixa, mas à representação das forças somente. No 1º Momento, das palavras que surgiram das falas dos estudantes, o termo força compôs aproximadamente 0,5%³⁵, enquanto que no 2º Momento, aproximados 8%.³⁶ A mudança de foco deste contexto pode ter sido originada, entre outras razões, pela dinamicidade das imagens. No 3º momento, a análise das respostas do questionário, imagens geradas pelo simulador mostram-se bastantes relevantes na opinião dos estudantes.

Como anteriormente citado, esta parte da atividade ocorreu na sala informatizada da escola, depois de algumas semanas por diversas razões, apesar de que o objetivo fosse realizar logo após o 1º Momento. Isto pode ter comprometido a motivação de alguns estudantes, que consideram a atividade desnecessária.

GRUPO 14

Inicialmente os estudantes apresentam dúvidas no funcionamento do simulador na correlação das forças representadas pelo simulador e por eles mesmos, pois em sala de aula, a força de atrito era representada por F_{at} e a força Peso por P , enquanto que no simulador o atrito era F_f e a Peso por F_g .

³⁴ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/the-ramp

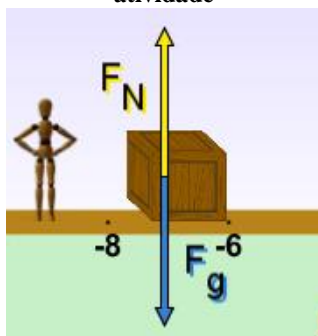
³⁵ 13 ocorrências em 2341 palavras, contabilizadas pelo software de edição de texto do Oficce2013.

³⁶ 24 ocorrências em 280 palavras, contabilizadas pelo software de edição de texto do Oficce2013.

O grupo discute a reprodução da situação do item ‘b’ da atividade ‘Zé empurra uma caixa sobre uma superfície áspera e ela se move com velocidade constante: ’ e percebem que quando a caixa está parada, sem o personagem Zé empurrar, só aparecem a Força Peso e a Normal:

E41: pode ver, ó. Quando a caixa parou ficou só essas duas.

Figura 23 – Imagem gerada pelo simulador na reprodução do item ‘b’ da atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Embora tenham sido utilizados vários exemplos pelo professor de quando um objeto inicia seu movimento sobre uma superfície, há uma mudança no comportamento do atrito, que se chama de atrito estático quando não há deslizamento entre as superfícies e de cinético ou dinâmico quando há, momento em que E41 tem sua atenção voltada para esta mudança:

E41: quando a caixa começou a andar a força de atrito sumiu, viu? (Mudança do atrito estático para cinético)

Embora tenha sido exposto esta mudança do comportamento do atrito em todos exemplos utilizados em sala de aula estaticamente, ela só foi significada com o uso do simulador, em que as imagens eram dinâmicas, sem fragmentações, momento em um fenômeno físico foi simulado, inclusive com representação gráfica das grandezas envolvidas e não só imaginado como no primeiro momento da atividade.

GRUPO 10

Em um primeiro momento, as estudantes voltaram sua atenção ao tamanho ou relação entre os tamanhos dos vetores e apresentaram dificuldade em reproduzir os exercícios no simulador. Na reprodução do item ‘e’ da atividade (Zé dá um grande impulso na caixa e ela se desloca por um tempo diminuindo sua velocidade:), mesmo sem ser representada pelo simulador, a estudante se refere a uma força associada ao movimento da caixa, como se esta força fosse intrínseca a caixa, sem a necessidade de representação, como as forças gravitacionais, elétricas e nucleares dos átomos que constituem a caixa:

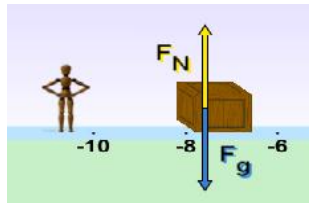
E30: a força dele para de repente, a força de atrito age, na força dele, fazendo com que a **força da caixa**³⁷ diminua.

Na reprodução do item ‘g’ (Zé [...] observa a caixa se deslocar com velocidade constante sobre o gelo depois de receber o impulso:), mesmo sem o simulador representar, como representado na figura abaixo, E30 atribui uma força de atrito entre a caixa e o gelo:

E30: ‘Zé empurra agora a caixa sobre o gelo’. Então só tem a força dele, **a força de atrito é bem pequena**. Só tem a força do zé. Tem a força normal *pra* cima, a força peso *pra* baixo, mas também tem a força do zé que é maior, a força de atrito quase nem....

³⁷ A fala parece indicar que o estudante acredita que a inércia é uma força.

Figura 24 – Imagem gerada pelo simulador na reprodução do item ‘g’ da atividade



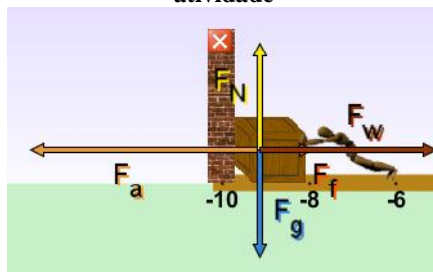
Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

O grupo discute algumas questões sem se basear no uso do simulador, questionam o que significa o ‘W’ de ‘ F_w ’ representado pelo simulador no item ‘i’ (Zé empurra a caixa contra uma parede:):

Professor: que *tipo* de força uma parede faz?

E30: força de atrito, não seria?

Figura 26 - Imagem gerada pelo simulador na reprodução do item ‘i’ da atividade



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

O professor compara ‘ F_w ’ com as representações da força de atrito tentando mostrar a estudante que a força de atrito é paralela à superfície e que portanto ‘ F_w ’ deveria ser outra força.

Professor: será que pode ser uma força de atrito também? (Se referindo à ‘ F_w ’)

E30: não, daí a força seria contrária (a do personagem)

Professor: que força é essa que está *pra* baixo?

E30: força peso

Professor: e *pra* cima?

E30: força normal

Professor: de onde surge essa força normal?

E30: a força normal é 90° com a superfície

Professor: e essa caixa está em contato com quantas superfícies?

E30: com duas. Pera aí, a da parede e a do chão.
Gente eu *tô* toda confusa

O professor sai e a discussão continua:

E30: então é força da superfície. Pera aí, força normal, contato com a coisa aqui, mas tem *duas* força normal, porque ele *tá* em contato com o chão não *tá*? Daí teria força normal que *praquele* lado de lá também. Então é força normal

A discussão prossegue, inclusive com outro grupo e as estudantes chegam a conclusão que é uma força normal. De qualquer forma o início da discussão foi promovido pela visualização do simulador e novas significações da realidade.

GRUPO 05

O grupo apenas reproduz as situações, conferem as forças atuantes sem discutir a simulação. Este foi um dos grupos que se mostrou desmotivado a realizar a atividade.

GRUPO 17

É possível compreender apenas algumas palavras do áudio, mas percebeu-se o surgimento dos termos ‘força positiva’ e ‘força negativa’, que surgiram apenas neste 2º Momento da coleta de dados. Provavelmente, a produção desta fala se deu em função do uso do simulador.

GRUPO 16

Também iniciam tentando compreender o funcionamento do simulador:

E47: como faz *pra* colocar uma superfície rugosa?

E46: eu acho que, madeira é uma superfície rugosa

E46: *tá*, qual a força que ele empurra?

E46: não *tá* dizendo

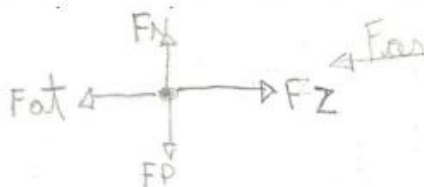
Os estudantes reproduzem as demais situações sem discutir o funcionamento do simulador.

GRUPO 15

Este foi um dos grupos que considerou a atividade desnecessária, mesmo assim, realizaram o que lhes foi solicitado.

Na atividade realizada no 1º Momento, sobre representação de forças com vetores, o grupo representou a resistência do ar como mostra a figura:

Figura 25 - Diagrama de forças produzido por G15



Fonte: Atividade realizada por G15

Ao reproduzir a situação com o simulador, observam que esta não é representada e questionam então se devem ou não apagar esta da atividade:

E42: aqui não tem força do ar *nesse coisa* [simulador], *né?*

E44: ele não usa a resistência do ar. Então a gente vai ter que tirar [...]

Em outra discussão, E43 questiona sobre a intensidade de uma força:

E43: quinhentos newtons é muito?

Não discutem o questionamento feito e continuam reproduzindo as situações sem discussões relevantes. Mesmo tendo sido realizados vários cálculos sobre força peso em exercícios, somente na interação com o simulador este questionamento surgiu e embora a discussão tenha se encerrado, originou-se uma possibilidade de significação sobre a realidade.

GRUPO 12

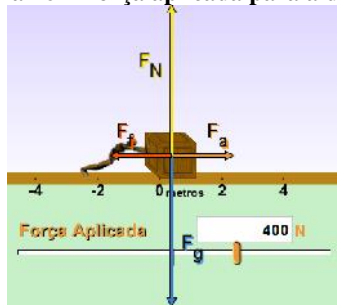
Áudio muito ruim, não foi possível compreender a maioria das falas. As estudantes discutiram rapidamente cada uma das questões, mas não há visualização/funcionamento do simulador, parece nem estarem usando.

GRUPO 09

O grupo reproduz os itens da atividade no simulador como foi solicitado, no entanto, as discussões parecem não ter se modificado muito em relação ao momento anterior como aconteceu com outros grupos, que viram de certa forma o simulador como uma ‘fonte’ de observação dos fenômenos. Utilizaram o simulador como se este momento não fosse diferente do anterior em relação às novas percepções, que serviu apenas para confirmar se está certo ou está errado, sem produzir novas significações da realidade.

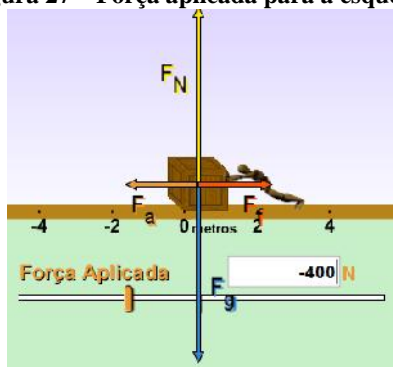
Analisa o item ‘a’ e diz que ‘não está igual’, que as forças estavam em sentidos diferentes, fazem a relação entre o nome das forças usadas na atividade com as do simulador como outros grupos. Ressurgem os termos ‘força negativa’ e ‘força positiva’. Possivelmente, o indicador do valor da força aplicada à caixa pelo personagem Zé, que assume valores positivos quando são aplicadas para direita e negativos para esquerda, tenha produzido estas falas.

Figura 26 – Força aplicada para a direita



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Figura 27 – Força aplicada para a esquerda



Extraída do simulador computacional “Rampa: Forças e Movimento”

Mesmo reproduzindo o item ‘f’ da atividade (Zé precisa agora empurrar constantemente a caixa sobre o gelo, que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:) o grupo mantém a opinião que a velocidade será constante, o que não é verdadeiro:

E23: o que que vai acontecer? Não vai ter atrito, ó, pode ver

E26: ela continua constante

E24: continua constante, porque não tem atrito

De maneira, percebeu-se que a interação com o simulador produziu novas falas e, conseqüentemente novas significações da realidade, como nas discussões dos grupos 10, 14 e 15, surgimento de termos não presentes na atividade anterior nos grupos 09 e 17, que algumas concepções sobre a relação da força e movimento não se modificaram nem com as aulas, nem com exercícios e nem com o uso do simulador no caso E30 do grupo 10 e dos estudantes do grupo 09.

3º MOMENTO: ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Neste Momento as respostas de cinco das oito perguntas do questionário aplicado aos estudantes sobre a atividade com o simulador foram analisadas. As respostas foram também discutidas em grupo, e gravadas em áudio em seguida ao 2º Momento da atividade, a resolução com o auxílio do simulador. Optou-se por isto pela possibilidade de discussão das questões pelo grupo. As respostas das três perguntas não analisadas não foram compreendidas pelos estudantes e não obtiveram respostas referentes à pergunta, portanto, não compuseram a análise.

A maioria das respostas foram curtas, não forneceram muitas informações adicionais e poucas foram que promoveram algum diálogo entre os componentes de cada grupo.

As respostas das perguntas encontram-se em anexo, são apresentadas em ordem de acontecimento, vale salientar que isto pode ter influenciado na resposta dada por cada estudante pelo menos de duas maneiras: uma delas é o fato de algum integrante do grupo considerar desconfortável ter de discordar da opinião da maioria ou de algum determinado integrante do grupo. Outra é de o diálogo que se sucedeu ter influenciado, com argumentos, a resposta de algum integrante.

Para cada uma das perguntas do questionário há um quadro quantificando as respostas por categoria.

Pergunta 2 do questionário: O simulador auxiliou no entendimento do exercício? Como?

Dos vinte e dois estudantes que responderam à pergunta, dezesseis responderam sim - o simulador auxiliou no entendimento do exercício -, dois responderam não - o simulador não auxiliou no entendimento do exercício -

dois não responderam e dois se mostraram indiferentes ao uso dos simuladores em relação a resolução de exercícios, mas não justificaram suas respostas. Dos que responderam sim, dez referem-se às imagens geradas pelo simulador, dois à possibilidade de alteração dos parâmetros³⁸, um às informações adicionais³⁹ e um considerou a diferença das aulas tradicionais. Não foi possível identificar as justificativas, do sim ou do não, das respostas de três estudantes.

Quadro 22 - Respostas da Questão '2' do Questionário

RESPOSTA	JUSTIFICATIVA	ESTUDANTES⁴⁰
Sim	Imagem	E03, E06, E24, E27, E28, E31, E39, E46, E48 e E50
	Informações Adicionais	E05 e E06
	Possibilidade de Alteração de Parâmetros	E33
	Diferença das aulas Tradicionais	E36
	Justificativa não identificada	E23, E00 e E41
Não	Consideram que 'é a mesma coisa que fazer no caderno'.	E44 e E38

³⁸ Como a alteração dos coeficientes de atrito e a aceleração da gravidade.

³⁹ Referiram-se ao mostrador do resultado da soma das forças.

⁴⁰ Estudante 06 usa duas justificativas para responder a pergunta, somando assim vinte e três respostas nesta tabela, quando participaram somente vinte e dois estudantes.

Indiferentes	Consideraram o uso do simulador uma brincadeira, pois já sabiam o conteúdo	E11 e E12
Não responderam	-	E01 e E47

Fonte: Elaborado pelo autor.

A visualidade recaiu sobre diferentes tipos de objetos, alguns participantes se referem à representação da força (vetor) (E03, E24, E31, E41, E48 e E50), sendo que uns ao ponto ‘onde’ a força é aplicada (E03, E31, E41, E48, E50) e outros ‘de onde vem’ a força (E39 e E48). O caráter representacional da força por um vetor, por si só abarca características fundamentais do “objeto modelo”, pois é uma construção que representa uma dada realidade, mas que não é a “coisa”⁴¹ em si, que inclusive atribuem-se “propriedades suscetíveis de serem tratadas por teorias” (BUNGE, 1974, p.14) como o módulo, direção e sentido e, se negligencia “numerosos traços da coisa e afastará as características que individualizam os objetos” (BUNGE, 1974, p.14) como a natureza da força⁴². Para E47, o simulador proporcionou abordar as Leis de Newton, mas não sua compreensão. Viu-se que as imagens geradas modificaram consideravelmente as falas dos estudantes em relação ao 1º Momento, provavelmente também, os sentidos produzidos, mesmo que isto não tenha proporcionado compreensão física sobre a situação descrita pelo exercício, como no caso de E47. Para Silva e Colares Filho (2006),

Estas ideias⁴³ ajudam a sustentar nosso pressuposto de que as imagens têm um papel importante nos processos de produção de sentidos, principalmente quando se considera o sujeito (dentro de sua cultura, seu contexto histórico-social), como elementos constitutivos desses processos culturais em que a escola está envolvida.

⁴¹ Terminologia usada por Bunge (1974)

⁴² Um vetor representa somente o módulo a direção e o sentido de uma força.

⁴³ Refere-se aos trabalhos de Belloni (2001), Almeida (2001), Sicard (2000), Lopes (1999), Maingueneau (1997), (Possenti, 1997) e Orlandi (1996).

Supor esta forma de oralidade é ir ao encontro da cotidianidade dos estudantes, em um movimento no qual é necessário se considerar o ensino como um processo de estabelecimento de continuidade-ruptura (Bachelard, 1996), do real comum para o real da Física. (SILVA e COLARES FILHO, 2006, p.4)

E33 indica em sua fala (em anexo) ter compreendido o sentido da simulação em termos de representação e previsão, ao dizer ‘a gente pode tá em Júpiter, na Terra, na Lua’. A possibilidade de interação com os simuladores é uma das características mais apontadas como capazes de auxiliar o aprendizado, entre eles, Silva e Colares Silva (2006), que estudaram não só o papel da dinamicidade da imagem, mas também como sua linguagem: “É este caráter manipulável das imagens produzidas pelos *applets*⁴⁴ que constitui a principal característica de sua materialidade, implicada como condição de produção dos sentidos por eles mediados.” (idem, p.6).

Quatro estudantes que responderam que o simulador não auxiliou na compreensão dos exercícios ou que se mostraram indiferentes apresentam ótimos resultados em sala de aula, fazem questionamentos relevantes que vão além da preocupação com a resolução dos exercícios, das provas etc.

Pergunta 5 do questionário: O que mais lhe chama atenção nas imagens?

Dos vinte e um estudantes⁴⁵ que responderam à pergunta, seis afirmaram que nada lhes chamava atenção, quatro referiam-se ao fato das imagens geradas pelo simulador ser dinâmica, quatro à falta de realidade representada pelas imagens e dois às cores das imagens. Dois estudantes responderam ‘o boneco’, mas não foi possível identificar se referiam às cores, dinâmica ou à realidade da imagem. Três estudantes não responderam à pergunta feita, mas suas falas referiram-se à possibilidade de interação com o simulador e um às informações fornecidas por meio de imagens. Dois estudantes consideram que ‘é bem realista’, mas não compreendeu-se se isto foi em um aspecto geral do simulador ou apenas das imagens, apesar de a

⁴⁴ Simulador

⁴⁵ Identificados, pois quatro falas não foram identificadas.

pergunta se referir somente à esta última. Um estudante referiu-se às informações fornecidas pelas imagens.

Quadro 23 - Respostas da Questão ‘5’ do Questionário

ASPECTO	ESTUDANTES⁴⁶
Nenhum	E40, E41, E42, E43, E44 e E48
Imagem Dinâmica	E05, E28, E23 e E27
Falta de Realidade	E00, E03, E38 e E47
Cores	E29 e E31
Realista	E29 e E30
Possibilidade de Interação	E06, E27 e E25
Informações Fornecidas	E05
Não Identificado	E02 e E18

Fonte: Elaborada pelo autor

Pergunta 6 do questionário: O que você acha difícil de compreender nessas imagens?

Dos 28 estudantes que responderam, 13 consideram que nada foi difícil de compreender nas imagens, quatro consideraram os vetores de difícil compreensão, dois se referiram a simbologia utilizada pelo simulador e seis a aspectos relacionados à falta de realidade. Não identificou-se as dificuldades de um dos estudantes e dois estudantes não responderam, comentaram sobre a pergunta feita, mas não a responderam.

Quadro 24 - Respostas da Questão ‘6’ do Questionário

ASPECTO	ESTUDANTES
----------------	-------------------

⁴⁶ E06, E27 e E29 apresentaram dois aspectos que lhe chamaram atenção, somando assim vinte e quatro respostas.

Nenhum	{}, E00, E02, E18, E26, E36, E37, E43, E45, E46, E48 e E50
Falta de Realidade	E05, E06, E11, E12, E47 e E39
Vetores	E23, E27, E34 e E35
Simbologia	E30 e E44
Não Responderam	E17e E38
Não Identificado	E41 e E42

Fonte: Elaborada pelo autor

Na resposta da pergunta E17 e E38 questionaram o fato de a resistência do ar não ter sido considerada na situação, apesar de não terem respondido o que foi solicitado, fazem referência⁴⁷ à realidade assim como os demais cinco estudantes relacionados no quadro acima. Nestes casos caso, o “difícil de compreender” se refere a não concordar que o que está acontecendo na simulação possa acontecer na realidade. A dificuldade de E30 e E44 refere-se a simbologia utilizada pelo simulador para representar as forças.

Em relação à diferença entre a realidade física e da realidade produzida pela simulação, se poderia talvez dizer, que os simuladores são uma sequência de representações da realidade, pois neste caso o “objeto-modelo”, uma caixa sujeita à ação de forças do exercício, para ser suscetível de ser tratado por uma teoria, a Mecânica Newtoniana, foi representada negligenciando-se uma série de características e atribuindo-se outras, afastando-se consideravelmente de uma caixa da realidade cotidiana, sendo tratada como um ponto material, um construto teórico. Em outros casos como da equação que determina o período de um pêndulo simples⁴⁸, quando um raio luminoso [outro construto teórico] ‘caminha’ próximo ao eixo ótico de

⁴⁷ Destacamos, em negrito, algumas palavras dos diálogos que se referem à realidade.

⁴⁸ A equação determina o período de um pêndulo simples para pequenos ângulos de oscilação, em que o valor seno do ângulo é considerado igual ao valor do próprio ângulo, isto em radianos.

uma lente⁴⁹ e exigiram aproximações matemáticas para que se obtivesse algum modelo matemático que representasse algum fenômeno físico. Há ainda as aproximações da produção da imagem pelo simulador, que além do *script* em si estão também sujeitas aos limites computacionais da representação das imagens e das aproximações numéricas⁵⁰. As linguagens a matemática e visual estão entrelaçadas nos simuladores (Silva e Colares Filho, 2006), acredita-se que se entrelaça também a linguagem de programação dos computadores e que as especificidades de cada uma moldam-se às outras em torno da representação da realidade.

Em sala de aula, utilizou-se o símbolo ' F_{atrito} ' para representar a força de atrito, P para Peso, F_r para Força Resultante, uma Força Motora, F , enquanto o simulador usa F_f , F_g , F_{soma} e F_a para esta representação:

Quadro 24 - Símbolos de Força: GREFxPHET

GRANDEZA	SALA DE AULA	SIMULADOR
Peso	P	F_g
Força de Atrito	F_{atrito}	F_f
Força Resultante	F_r	F_{soma}
Força Motora	F	F_a

Fonte: Elaborada pelo autor

**Pergunta 7 do questionário: Você vê problemas nas imagens?
Em caso afirmativo, quais?**

A maior parte dos estudantes, 13 dos 21 que responderam à pergunta, não viram problemas nas imagens, cinco consideram que os problemas nas imagens estavam relacionados à representação da realidade. Dois integrantes do GRUPO 15 complementaram a resposta da pergunta número '6' e um não respondeu.

⁴⁹ Quando um raio caminha suficientemente próximo do eixo óptico em todos os pontos, o ângulo de incidência em qualquer superfície do sistema é necessariamente pequeno e assim, os senos dos ângulos podem ser satisfatoriamente aproximados pelos próprios ângulos, em radianos. (, 2016)

⁵⁰ Erros de Arredondamento e Truncamento, por exemplo.

Quadro 25 - Respostas da Questão ‘7’ do Questionário

ASPECTO	ESTUDANTES
Nenhum	E00, E01, E23, E24, E29, E30, E33, E34, E35, E36, E37, E41 e E47
Realidade	E05, E06, E18, E38 e E45
Não Respondeu	E27
Responderam à pergunta ‘6’	E42 e E44

Fonte: Elaborada pelo autor

Pergunta 8 do questionário: Que aspectos da realidade não estão presentes na simulação?

Das respostas de 26 estudantes, dez que consideraram a ausência de elementos reais como do atrito em algumas situações e da resistência do ar, cinco fizeram referência a representação visual do simulador, três consideraram a realidade simplificada como a desconsideração curvatura da superfície terrestre, e um afirmou que ‘nenhum’ aspecto está faltando. Nove estudantes questionaram a veracidade das situações. Destes, oito referiram-se à impossibilidade dos acontecimentos, como a caixa passar através do boneco e três à necessidade da ação realizada pelo boneco.

Quadro 26 - Respostas da Questão ‘7’ do Questionário

ASPECTO	ESTUDANTES
Ausência de Elementos Reais	E18, E29, E36, E37, E38, E42, E43, E44, E48 e E50
Representação Visual	E27, E28, E30, E45 e E46
Simplificação da Realidade	E33, E34 e E35
Veracidade	(Im)possibilidade de Acontecimento
	E05, E06, E11, E12, E24, E45, E46 e E47

da Situação	(Des)necessidade de Acontecimento	E06, E23 e E45
Nenhum		E31

Fonte: Elaborado pelo autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa trata de analisar e conhecer os sentidos sobre a realidade atribuídos pelos estudantes em uma atividade de resolução de exercícios de Física com estudantes do Ensino Médio. Para responder tal questionamento a pesquisa referenciou-se nas ideias de Mário Bunge (1974) sobre modelo e realidade, planejou-se uma atividade que foi aplicada em duas turmas de Primeiro Ano, os dados foram coletados em três momentos: resolução dos exercícios sem o auxílio do simulador, resolução dos exercícios com o auxílio do simulador e questionário sobre a atividade.

No 1º Momento três categorias de estudantes foram identificadas: estudantes que questionam a veracidade/realidade da situação; estudantes que exemplificam/simulam situações parecidas com a do exercício e; estudantes que apresentam uma noção implícita de exercício modelizado. A coleta de dados se deu três etapas, assim como a análise dos dados, chamadas de Momentos: a resolução da atividade sobre representação de forças pelos estudantes sem o auxílio do simulador (1º Momento); a resolução da atividade sobre resolução de forças com o auxílio do simulador (2º Momento) e; das respostas de parte das perguntas do questionário referente a atividade desenvolvida pelos estudantes (3º Momento).

No 1º Momento foram apresentadas as três categorias encontradas, os itens da atividade, os diálogos ocorridos durante sua resolução e suas respectivas análises. No 2º Momento relatou-se de forma geral como se sucedeu a reprodução no simulador das situações descritas na atividade anteriormente realizada, analisando novas falas e significações produzidas pelos integrantes dos grupos em razão da interação entre eles e o simulador. No 3º Momento apresentou-se uma análise das respostas do questionário sobre a atividade desenvolvida pelos estudantes.

Os dados de pesquisa sugerem que alguns estudantes indicam, por meio de suas falas, que exercícios de física são modelizados no sentido de descrição da realidade física, em que sua aplicação tem um contexto de validade e desprezam elementos reais como o atrito entre superfícies. Outros, que os exercícios são modelizados, não cientificamente, mas como um padrão escolar, sem relação com a realidade, que devem ser resolvidos apenas para cumprir tarefas. Houve estudantes, que durante a resolução da

atividade, inseriram elementos não reais⁵¹ e/ou eliminaram⁵² outros para que situações descritas nas atividades fizessem sentido ou que fosse passível de resolução, assim como fazem modelos físicos. Isto aconteceu de maneira natural e inconsciente. Os sentidos sobre a realidade parecem ser componentes importantes da resolução de exercícios desde que exista um contexto que possibilite a produção destas significações, como nesta pesquisa, em que se proporcionou a possibilidade de discussão entre os estudantes, envolveu abstrações como a ausência do atrito e resistência do ar, utilizou imagens e simuladores.

Os experimentos “de pensamento” e demonstrações realizadas pelos estudantes mostraram que há envolvimento deles, mesmo com exercícios pouco relacionados ao cotidiano e à de situações reais. Isso deixa dúvidas quanto o envolvimento de uma atividade estar relacionada somente à avaliação. Embora favoráveis a utilização de exercícios que estejam mais próximo do cotidiano e de situações mais realísticas em relação a sua significação, não foi isso que determinou o envolvimento entre os estudantes e a atividade. Os exercícios foram capazes de promover discussões ricas acerca das representações físicas: as idealizações. Talvez uma situação sem esta natureza não tivesse sido capaz de produzir tais discussões, que não aconteceram somente entre estudantes ditos exemplares, mas que possuíam diferentes rendimentos nas avaliações. Não cabe a este trabalho, julgar se estas situações pouco reais são mais ou menos eficazes em promover discussões, mas que são capazes, desde que as condições permitam.

Acredita-se que a natureza da atividade, que envolveu somente a representação de forças e algumas perguntas sobre a velocidade da caixa de um mesmo personagem (Zé) e um mesmo ponto de aplicação de forças (a caixa de madeira), em situações diferentes e que principalmente, contradisse os sentidos e as experiências vividas por cada estudante, tenha propiciado o desenvolvimento de espaço de significação para realidade tal como pensada pela física, ou seja, modelizada. Uma pesquisa com este objeto de estudo poderia dar continuidade a este trabalho.

Foi possível perceber ainda, que a contextualização dos exercícios é quase automaticamente ignorada pelos estudantes. Parece estar implícito que a resolução ou está nos conceitos trabalhados em aula ou em aplicações de equações.

⁵¹ Como as ‘super botas’ supostas por E47 no diálogo 03.

⁵² O atrito

É comum, estudantes perguntarem em salas de aula: ‘professor, onde/quando que vou usar isto na minha vida?’. Questionamento extremamente relevante no momento em que vivem: permeado por discursos sobre o papel da escola no preparo para a vida, para o exercício da cidadania e em relação aos vestibulares e o ENEM, em que se apoiam muitos professores e escolas preparatórias e como implicitamente se justifica a realização de exercícios, embora o PCN+ esclareça os objetivos do ensino de Física. Acredita-se que o objetivo da realização de exercícios não é somente preparar estudantes para a vida, pois os conhecimentos físicos adquiridos na escola são geralmente de situações idealizadas e desvinculadas do cotidiano comum. Também não se resume aos exames tipo vestibulares. Qual sua função então? Servem no mínimo para trabalhar a natureza da física, em que situações reais são descritas e previstas com aproximações, dentro de contextos de validade. Geralmente, no cotidiano, não se aplica conhecimentos específicos de Física, Matemática, Geografia, entre outras disciplinas para se resolver os problemas comuns, mas o tipo de raciocínio, o modo de pensar e de ver o mundo da maneira específica de cada área, emergem automaticamente em cada tomada de decisão.

Considera-se que as simulações computacionais se apresentam como alternativa para os problemas relacionados às figuras estáticas dos livros e às feitas pelo professor para representar fenômenos dinâmicos. Não foi possível perceber a diferença entre imagens estáticas e dinâmicas no aprendizado neste trabalho, até porque não foi objetivo desta pesquisa, mas verificou-se que as representações visuais são bastante relevantes para os estudantes e que fazem parte de contextos em que vem à tona a significação sobre a realidade, permitindo trabalhar o modo de pensar da física.

Geralmente, professores, livros e simuladores criam as imagens dos diagramas que querem representar por meio de desenhos e não por meio de imagens reais. Estes desenhos, às vezes, incluem um determinado contexto ou outros elementos - como o boneco que empurrava a caixa no simulador utilizado - e em algum momento da trajetória profissional, ou em todo ele, aprendeu-se a desprezar todo o contexto de uma situação física de um exercício e voltar toda a atenção ao objeto modelo. Como foi visto neste trabalho, o simulador permitiu simular situações físicas impossíveis de acontecer na sala de aula, o que passou despercebido na elaboração da

atividade. Isto porque para os estudantes, o contexto da situação tem tanta importância quanto o foco da situação, mas isto quase nunca é percebido.

Parece existir um padrão de resolução de exercício dos professores aprendido nas universidades, que é desprezar o contexto da situação física em questão. Costa (2005) e Peduzzi (1997) fazem referências às diferenças entre as estratégias de resolução de exercícios entre estudantes iniciantes e iniciados, entre outros, mas não foi encontrado alguma que se refira a como a consideração ou desconsideração do contexto acontece. Isto pareceu relevante em alguns momentos deste trabalho, em que os detalhes dos exercícios, sejam visuais ou sobre o contexto do exercício, interferiram na resolução/compreensão de exercícios pelos estudantes e consequentemente na significação da realidade.

Geralmente, na elaboração das atividades, o professor não supõe o levantamento de hipóteses por parte do estudante. Espera⁵³ que o estudante conspire com ele em seu 'modelo' de exercício, em que o contexto não interfere no fenômeno, que as palavras utilizadas não são carregadas de significados além daquele que o professor possui. Talvez, além das constatações encontradas, a atenção do estudante estar voltada ao contexto e não ao objeto-modelo pode estar relacionada a dificuldade de se resolver exercícios e a consequente pronúncia da frase 'O que que é pra fazer aqui, professor?', por melhor que seja o rendimento do estudante.

A identificação de sentidos produzidos sobre realidade pode auxiliar o ensino que preza pelo reconhecimento de uma física como produto da construção humana, que se comunica com as mais diversas áreas mesmo sem 'tocar' a realidade, somente representando-a aproximadamente por meio dos modelos.

⁵³ Como aconteceu nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, I. S. e VEIT, E. A. **Interatividade em recursos computacionais aplicadas ao ensino-aprendizagem de Física**. Anais 14^a Jornada Nacional de Educação. Santa Maria: Editora da Unira, 2008.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.

BARROSO, M. F., BEVILAQUA, D. V. e FELIPE, G. “**Visualização e Interatividade no Ensino de Física e a Produção de Aplicativos Computacionais**”, Atas do XVIII SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória: SBF, 2009.

BUNGE, Mario. (1974), *Teoria e Realidade: editora perspectiva S.A.*, SP, 1974.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. **Modelagem e ensino de física**. *Física Na Escola*, São Paulo, v. 9, n. 1, p.10-14, 2008.

BRASIL. **Secretaria de educação média e tecnológica. Pcn + ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

CHIQUETTO, Marcos José. **O currículo de física do ensino médio no brasil: discussão retrospectiva**. *E-curriculum*, São Paulo, v. 7, n. 1, p.1-16, abr. 2005. CLEMENT, Luiz; TERRAZZAN, Eduardo A.. **RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE LÁPIS E PAPEL NUMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA**. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, v. 7, n. 2, p.98-116, ago. 2012

CUPANI, Alberto; PIETROCOLA, Maurício. **A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências.** Caderno Brasileiro do Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, p.100-125, jun. 2002.

FERRACIOLI, Laércio et al. **Ambientes de modelagem computacional no aprendizado exploratório de física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 2, p.679-707, out. 2012.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. **Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 3, p.71-83, abr. 2006.

KARAM, R. A. S. **Matemática como estruturante e Física como motivação: uma análise de concepções sobre as relações entre Matemática e Física.** In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2007.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. **Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico.** ALEXANDRIA - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 2, p. 181/2-205, 2009.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de. **Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade.** Caderno Catarinense do Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 1, p.562-613, jul. 2012.

MACHADO, Juliana. **A compreensão de licenciados em física sobre modelos e modelização.** In: ENPEC, 2009, Florianópolis. Florianópolis: Enpec, 2009. P. 1 - 12.

MACHADO, Juliana; CRUZ, Sonia Maria Silva Corrêa de Souza. **Conhecimento, realidade e ensino de física: modelização em uma inspiração bungeana.** Ciência & Educação, Bauru, v. 17, n. 04, p.887-902, 2011.

MACHADO, Juliana; VIEIRA, Karla Schopping. **Modelização no ensino de física: contribuições em uma perspectiva bungeana. In: encontro de pesquisa em ensino de física**, 2008, Curitiba. Curitiba: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2008. P. 1 - 12.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. **Possibilidades e Limitações Computacionais no Ensino da Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p.77-86, jun. 2002.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide. **Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de Física**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 103-117, jan./abr. 2001.

PEDUZZI, Luiz O. Q.; PEDUZZI, Sônia S. **Força no movimento de projéteis**. Caderno Catarinense do Ensino de Física, Florianópolis, v. 3, n. 2, p.114-127, dez. 1985.

PEDUZZI, Luiz O.Q. **sobre a resolução de problemas no ensino da física**. Caderno Catarinense do Ensino de Física, Florianópolis, n., p.229-253, dez. 1997.

PIETROCOLA, Maurício. **Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos**. Investigações Em Ensino De Ciências, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p.1-22, dez. 1999.

PINHEIRO, T.F.; PINHO-ALVES, J.; PIETROCOLA, M. **Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PODOLEFSKY, Noah S.; PERKINS, Katherine K.; ADAMS, Wendy K. **Computer simulations to classrooms: tools for change**. 2009. Disponível em: <http://www.colorado.edu/physics/EducationIssues/papers/Podolefsky_etal/Podolefsky_invited_PERC_09_scales_revised.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.

REGO, S. C. R. **Representação da realidade e imagens no ensino de Física.** Em: VIII ENPEC - Encontro nacional de pesquisa em Educação em Ciências, 2011.

SILVA, H.C. & COLARES FILHO, J.L. **Imagens interativas no ensino de Física: construção e realidade.** In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Jaboticatubas, MG. Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo, SP: SBF, 2004.

SILVA, Henrique C.; COLARES FILHO, Jaime Luiz. **Produção de sentidos por imagens interativas: applets no ensino da Física.** In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2003, Bauru. Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2003.

SILVA, Henrique César da, *et al.* **Cautela ao usar imagens em aulas de ciências.** Ciência e Educação (UNESP. Impresso), v. 12, p. 219-233, 2006.

SILVA, Henrique César da. **Lendo imagens na educação científica: construção e realidade.** Pro-posições, Campinas, n., p.71-83, abr. 2006.

UNIVERSITY OF COLORADO (Ed.). **Forças e movimento.** 2013. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/forces-and-motion>. Acesso em: 22 dez. 2013.

VI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 1998, Florianópolis. **Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana.** Florianópolis: EPEF, 2000. CD-ROM.

Sérgio Carlos Zilio. **Desenho e Fabricação Óptica.** Disponível em: <<http://www.fotonica.ifsc.usp.br/ebook/book2/Capitulo1.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

ANEXOS ANEXO I

ATIVIDADE DESENVOLVIDA POR UM DOS GRUPOS

As forças têm papel fundamental na maneira como interagimos com o mundo, sendo conhecidas apenas quatro, que chamamos de forças fundamentais da natureza: a gravitacional, a eletromagnética, a fraca e a forte, que podem se manifestar de formas diferentes, nos dando a impressão que existem mais. Um balão pode atrair fios de cabelo, um ímã pode atrair um pedaço de ferro e os freios de um carro pode pará-lo, embora sejam situações bem diferentes, que damos nomes diferentes as forças responsáveis por tais acontecimentos (elétrica, magnética e atrito), elas têm a mesma natureza: a força eletromagnética.



1) Para conhecermos o estado de movimento de um corpo é necessário que saibamos quais forças estão, e como estão, atuando sobre ele. Uma maneira ou etapa de resolvermos isto é representamos as forças através de vetores. Represente as forças que atuam na caixa abaixo em cada situação respondendo as questões (se houver). Nosso personagem fictício se chama Zé.

a) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície rugosa e ela continua parada:



b) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície áspera e ela se move com velocidade constante:



c) Zé empurra uma caixa sobre um contra piso de cimento ela se move aumentando sua velocidade:



d) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície áspera e ela se move, mas ela está diminuindo sua velocidade:



e) Zé dá um grande impulso na caixa e ela se desloca por um tempo diminuindo sua velocidade:

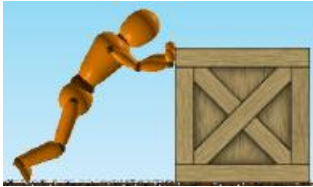


f) Zé precisa agora empurra constantemente a caixa sobre o gelo, que é uma superfície extremamente lisa, sem atrito:

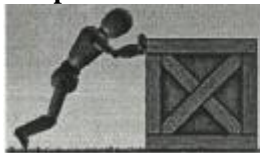
ANEXO II

TRANSCRIÇÃO DE ÁUDIO

a) Zé empurra uma caixa sobre uma superfície rugosa e ela continua parada:



Grupo



$$F_R = 0$$



EB: força resultante é igual à zero, possui a força aplicada

EA: força peso

EB: força peso

EA: força normal e o atrito

EB: e a força do atrito

Grupo EC, ED e EF



ED: é pra representar as forças

EC: é a força do carinha

ED: força normal, não, né?

EC: não, a força normal é pra cima

EC: tá, e como é que é 'f' o que?

EC: isso aí é a força do zé, 'f' ze, 'fz'

ED: 'fp', né? Força peso

EC: é, força peso, força normal que é pra cima

EC: e tem a pra cá que é atrito

EC: é, é a força do atrito. Daí tem a outra força que é a força de resistência do ar eu acho

ED: que era pra ser pra lá, né?

EC: é. Não, era pra ser pra cá, resistência do ar

EC: não, mas ela tá parada

ED: ela [] alguma coisa

EC: se ela tá parada não tem resistência do ar

EC: então, o que que a gente concluiu? Que se a caixa está parada é porque a força de atrito é a mesma força que o zé tá fazendo ali

EC: é

EC: por isso que a caixa não se mexe

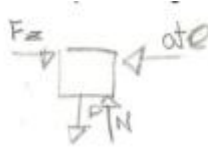
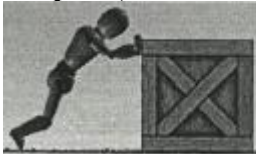
Grupo EG, EH e EB



Dinâmica Estático

h1 74 empurra uma caixa sobre uma superfície áspera e ela se move com velocidade cons

Grupo EI, EJ e Vanessa



$$F_R = 0$$

EI: tem que dizer todas as forças que estão aí

EJ: então estão atuando na caixa....

EI: a peso

EJ: a peso pra baixo, a normal para cima, a força do zé e a força do atrito aqui?

EI: é, aí tem que dizer se é atrito dinâmico ou não sei o que.

EJ: tens isso no teu caderno?

EI: eu acho que sim.

Procuram....:

EI: ele não passou o que que era

EJ: o conceito?
EI: só atrito dinâmico e atrito estático
EJ: atrito estático é quando fica parado e atrito dinâmico é quando muda
EI: é o contrário
EJ: é quando muda
EI: é, o dinâmico é quando muda
EJ: então aqui...
EI: não mudou, não saiu do lugar
EJ: então aqui, atrito estático e aqui a força do...
EI: do zé
EJ: do zé
EJ: então acho que é isso né? E ela continua parada porque...aqui
Fr, que é força resultante é igual a zero.
EJ lê o item d)
EJ: tem aqui...
EI: força peso pra baixo... força normal para cima.... força do zé...e força do atrito que agora é dinâmico...
EJ: é estático porque está constante. Mudou.
EI: mas aqui diz que ela se move
EJ: com velocidade constante. Se é constante, a força resultante é igual a zero. Então, dá eu não sei, porque ele (professor) falou que a força do atrito dinâmico é quando mudava e aqui...ela tá... tá...
EI: não sei, porque ele deu um monte de exemplo, quando se move é o atrito dinâmico, que ele falou que há mudança e quando não se move é o outro.
EJ: tá, daí tipo, tem a força do zé, a peso para baixo...
EI: a normal pra cima
EJ: cima
EI: e agora a do atrito...
EJ: e a força do atrito.
EI: que a gente não sabe qual que é [risos]
EJ: só que é o dinâmico ou estático? Porque tipo: dinâmico é a mudança. O estático é quando ele tá parado. [Parece que estão se referindo ao termo mudança como movimento] aqui ele mudou, só que ele tá igual [não termina de dizer igual] ...ele mudou porque ele andou, só que ele

norma, agora tá igual [se atrapalha]. Porque tipo: ele andou e agora está sempre [pensa] sempre igual.

EI: tá, mas ele andou, ele se moveu, houve mudança.

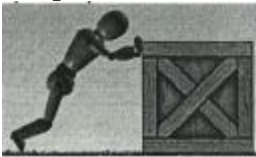
Pausa

EJ: vou colocar dinâmico então

EI: eu acho né

EJ: tá

Grupo Ek e El

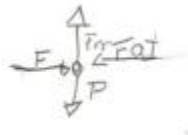


Ek: por que?

Em: força de atrito. É atrito, não é?

El: é. É atrito

Grupo En, Eo e Ep



Eo: O que é rugosa?

Ep: que é assim, ó.

En: que não é lisa

Eo: aquela ali é atrito, não?

ANEXO 3**QUESTIONÁRIO**

- 1) Como você costuma resolver os exercícios/problemas de Física?
- 2) O simulador auxiliou no entendimento do exercício? Como?
- 3) O simulador auxiliou na resolução do exercício? Como?
- 4) Você entendeu o que a imagem pretende representar imediatamente após olhar ou teve que fazer ou pensar algo para que elas tivessem sentido?
- 5) O que mais lhe chama atenção nas imagens?
- 6) O que você acha difícil de compreender nessas imagens?
- 7) Você vê problemas nas imagens? Em caso afirmativo, quais?
- 8) Que aspectos da realidade não estão presentes na simulação?

ANEXO IV

RESPOSTAS DA PERGUNTA 2 DO QUESTIONÁRIO

A transcrição das respostas desta pergunta segue abaixo. Destacamos em **negrito** as palavras que fazem referência às imagens:

GRUPO 01

E00: até demais

E01: como?

E00: pro entendimento de todas as questões que ele passou

E03: eu entendi porque daí, *tá* eu entendi porque ele **mostra como e onde** as forças são aplicadas, no objeto

E00: e é mais fácil *pra* gente entender também

E03: é porque daí a gente **vê** e....

GRUPO 02

E06: ele auxiliou porque lá, as *forças deu pra ver* certinho

E05: deu *pra* saber a soma das forças, as igualdades

E06: **pelas flechas**

GRUPO 09

E23: sim, *né?*

E28: sim e bastante, *né?* Porque daí

E27: sim, porque daí é melhor *pra* gente ter uma **visão, né**

E24: a gente **viu** certinho a força que *tava* atuando ali

E28: que ele fez

GRUPO 11

E33: *tá*, sim ele auxiliou bastante no exercício, porque ...

E31: ele **indica** certinho **onde** é a força de atrito,

E33: a gente pode modificar o estático, a massa do objeto, a gente pode *tá* em Júpiter, na Terra, na Lua [Risos]

E31: sério, se a gente for fazer no caderno, a gente não tem já essa **visualidade** que nem tem agora no, que nem tem aqui no simulador

GRUPO 14

E39: porque sim, porque, porque assim a gente conseguiu **ver** de onde vem a força, por isso

E41: no meu caso é sim também porque nos ajudou a entender melhor as forças que atuam no exercício, ou no caso, na caixa

GRUPO 16

E46: *ah*, porque a gente pode **observar** como acontece realmente...

E46: eu acho que foi bom porque quando *tá* em movimento continua em movimento, então a gente pode **observar** as leis de newton

E47: mas *ó*, se a gente não tivesse entendido isso, o seu⁵⁴ ficou o bimestre todo falando

E46: *ah* sim, mas a gente pode **observar** eu falei, eu não disse que eu não entendi

GRUPO 17

E50: ele ajudou bastante, porque assim a gente podia **observar**, como a caixa era empurrada

E48: **observar** com a precisão a força do bonequinho lá, o *Zé*, *pra ver* a força do objeto, a força de atrito estático, os atrito tudo

⁵⁴ Professor

As respostas de outros grupos indicam que o auxílio se deu por meio, ou da interação dos estudantes com o simulador ou pelas as imagens não serem estáticas ou por outras informações fornecidas pelo simulador:

GRUPO 02

E05: deu *pra* saber a soma das forças, as igualdades

GRUPO 11

E33: a **gente pode modificar** o estático, a massa do objeto, a gente pode *tá* em Júpiter, na Terra, na Lua [Risos]

GRUPO 13

E36: sim porque ele **simulou**, foi uma coisa diferente, **simulou** como que era, foi mais na prática assim. Sei lá, não sei explicar, mas foi bom.

Estudantes que responderam que o simulador não auxiliou ou que se mostraram indiferentes:

GRUPO 05

E11: não fez muita diferença, porque como **a gente já sabia**, o conteúdo já tinha entendido, o simulador foi quase só que uma brincadeira

E12: igual ao da E11 também

GRUPO 07

E38: sei lá, **acho que não cara**, porque *tipo*, sei lá

E38: acho que não *cara, tipo*, a gente fez com simulador e sem simulador, **é a mesma coisa**

GRUPO 15

E44: *cara, pra mim, não me auxiliou em nada.* Porque eu acho que **é a mesma coisa que fazer no caderno** e não foi negativo porque ainda deu para aprender alguma coisa

ANEXO V

RESPOSTAS DA PERGUNTA 5 DO QUESTIONÁRIO

Respostas se referem à dinamicidade e realismo das imagens:

Grupo 01

E02: o boneco,

{ }: o zé é engraçado

[Risos]

{ }: ele **não tem olho**, nem []

{ }: é um **corpo de madeira**

{ }: é, é o boneco

E00: eu não, *pra* mim é **o jeito, a forma como ele segura a caixa**

E03: **o jeito que ele empurra** é engraçado porque parece que ele *tá* deitado, em cima da caixa [Risos]

E00: *qué vê* quando coloca no gelo e a mola, daí fica *toin, toin, toin*

[Risos]

GRUPO 02

E05: o posicionamento dele, da caixa

E06: as **diversas posição que a gente pode**, *ah*, que a figura pode apresentar

E05: a força que ele faz *pra* poder mover a caixa, **o tipo de atrito que age**, sobre a caixa

GRUPO 07

E18: o bonequinho

E38: *tipo*, o que mais chamou atenção? As imagens, não quero imagens []. Achei engraçado que nas imagens lá, lembra? Não era uma pessoa, era **um boneco de teste. Um boneco de teste não faz força, sei lá**

GRUPO 09

E28: o bonequinho **se mexendo**

E23: e como **a gente consegue mudar ali** os negocinhos

E27: também acho

E25: estático, dinâmico

E23: e a gente **mudando** aqui, vai mudar no desenho de cima

E27: outra coisa que é legal é o bonequinho se arrastando no gelo

E27: porque na sala de aula a gente não tem essa noção assim. O 'seu', fala, mas a gente não tem uma noção. Aqui a gente consegue **ver, né?**

E23: a gente tem que **imaginar** [porque no quadro é estático]

GRUPO 16

E47: que o *carinha*, que a hora que a caixa desce a caixa **passa pelo carinha** [Risos]

GRUPO 10

E30: **é bem realista**, isso é legal

E29: é verdade []

Estudantes se referiram às cores utilizadas no simulador:

GRUPO 10

E30: a caixa, a parede, *as flechinha*, principalmente a vermelha. A vermelha chama a atenção, mas é por causa da **cor** mesmo

GRUPO 11

E31: **o colorido**

Estudantes que responderam que nenhuma imagem chamou atenção:

GRUPO 14

E41: acho que nada me chamou atenção nas imagens

E40: eu também, **nada** me chamou a atenção, não teve graça

GRUPO 15

E44: **nada**

E42: **nada**

E43: **nada**

GRUPO 17

E48: **nada**

ANEXO VI

RESPOSTAS DA PERGUNTA 6 DO QUESTIONÁRIO

E23, E27, E34 e E35 demonstraram ter dificuldades em relação à direção e sentido dos vetores que representam as forças.

GRUPO 01

E02: nada
 E00: na verdade é tudo...
 E02: eu não achei difícil
 E00: eu também não

GRUPO 02

E05: o que *tu acha*? Difícil compreender? A força, que eu acho que ele faz sobre a caixa *pra* poder locomover no atrito

E06: e **como é que ele teve força** também *pra, tipo*

E05: a força da rampa

E06: pois é, tinha uma rampa que era bem elevada, ***tipo um ângulo de 90 grau, tipo assim, como que ele teria essa força e não iria cair***

E05: tem que ter um atrito bem forte para segurar isso

[Risos]

E06: é

GRUPO 05

E11: algumas imagens são *meia* estranhas, **como caixas e bonecos. É meio estranho tu vê assim uma pessoa empurrando um objeto**

E12: **fingir que tá empurrando**

E11: é, **fingir que tá empurrando** alguma coisa, é meio estranho

E12: bem

GRUPO 07

E18: nada

E38: *ah!* Porque a **resistência do vento** não foi...

E17: **considerada**

E38: aplicada no simulador. Talvez seja porque a gente não aprendeu isso ainda []

GRUPO 09

{ }: nada

E27: nada

E26: [] acha a seta da []

E23: [] na direção ali das seta

E27: mas o que mais foi difícil foi as setas

GRUPO 10

E30: o nome das forças são tudo estranho, porque força 'a' é força aplicada a não força de atrito, daí, isso é muito diferente, demais, do que a gente aprendeu, *né*

GRUPO 12

E35: as forças, *né?* **Onde se localiza**, cada força

E34: a força normal e a força gravitacional é mais simples de fazer, o que é []

E35: força normal e força peso, eu acho

E34: é, a gravitacional

E34: só a força aplicada e a força de atrito []

E35: []

GRUPO 13

E36: nada

E37: nada

E36: nada

GRUPO 14

E41: eu acho assim, que não tem nada muito difícil assim de compreender, mas não é algo que não é muito compreensível

[Risos]

E39: eu acho que, [], ficou muito fácil de entender e também é uma coisa assim, **que o bonequinho saia deslizando, tipo, quem vai sair?** Só se, sei lá, né? Deixa quieto.

GRUPO 15

E43: nada

E44: nada

E42: só que... o símbolo das forças que algumas aqui que são meio estranhas

E44:é, que a gente aprendeu com a sigla diferente ali

GRUPO 16

E46: nada, tudo muito fácil *cara*

E47: **o carinha não é bem um carinha, né? Ele é um robô**

E45: *tá* é verdade, eu acho que eu entendi tudo, vai

GRUPO 17

E50: eu acho que não

E48: não

E50: porque *tá* bem específico, né []

E48: dá *pra* entender bem, a imagem *tipo*, que fácil. O *cara* [] entender bem

ANEXO VII

RESPOSTAS DA PERGUNTA 7 DO QUESTIONÁRIO

Abaixo, seguem as respostas dos estudantes referentes a questão ‘7’ do questionário. Destacamos, em negrito, os trechos que se referem a relação da imagem com a realidade.

GRUPO 01

E00: não tem nenhum problema

E01: não, acho que não

GRUPO 02

E05: é isso que eu acho que é o problema, porque *tipo*, como **é que ele consegue empurrar uma caixa sobre uma elevação ali**

E06: *aham*

E05: ele tem que ser muito []

E06: **ele ia cair aí no caso**

E05: **é, ele, ou tem que ser [] muito forte**

GRUPO 07

E18: ele era um **bonequinho de teste**

E38: **o cachorro é meio, sei lá**

E18: **tinha olho vermelho**

GRUPO 09

E27: problema

E24: eu não vejo problema, porque ele fala certinho, *né?* As coisas

E23: não, mas a gente não viu problemas assim, nas imagens

GRUPO 10

Juntas: não. *Tá* de boa

GRUPO 11

E33: não [dúvida], não tem problema nenhum

GRUPO 12

E35: não

E34: não

GRUPO 13

E36: não

E37: não

GRUPO 14

E41: não, eu não vejo problema nas imagens

GRUPO 15

E44: só *as letra*, só

E42: que não deu *pra* entender [] o que significa

E44: *típo*, a gente não sabia o que que era força de fricção que é a mesma que atrito e a força do ar ali, só

GRUPO 16

E47: não

E45: sim

E45: '*ah*', é porque, eu acho que, eu não sei, eu não *tava* ali dentro, *né?* Mas, ahm, quando *tá* a caixa, **parece que ela passa pelo *carinha***

ANEXO VIII

RESPOSTAS DA PERGUNTA 8 DO QUESTIONÁRIO

Nos grupos 07, 13, 15 e 17 encontram-se respostas que se referem a ausência de elementos reais na simulação:

GRUPO 07

E18: mano, não tinha o **negócio do ar lá**

E38: é, não tem a **resistência do ar**

GRUPO 13

E37: **A resistência do ar**, eu acho que não, a, tem o caso do gelo que não, que diz que é uma superfície ...

E36: extremamente lisa, porém, **não existe nenhuma superfície extremamente lisa**

GRUPO 15

E42: **a força do ar**

E43: **a força do ar**

E44: **a força de resistência do ar**

GRUPO 17

E50: todos estão presentes

E48: não, no caso do gelo lá **tava sem atrito, mas na verdade, na verdade ele tem atrito.**

E50: mas é bem pouco

E48: É bem no mínimo, mas ele tem atrito

Encontramos também estudantes que indicam a falta de elementos reais, porém não relacionados, pelo menos diretamente, com o tema de estudo:

GRUPO 12

E34: o problema é que, assim na, no simulador, ele, **a superfície terrestre é lisa, é reta, mas aqui na realidade ela não é.** Ela tem, ahm, como eu posso dizer...

E35: ela é áspera

E34: também, mas ela também é, como é que eu posso dizer, ela **não é reta, ela tem, ahm, curva, de ondulação**

Outros estudantes, assim como na atividade sem o simulador, questionam a veracidade das situações quanto à possibilidade dos acontecimentos, assim como o objetivo de sua realização:

GRUPO 05

E11: quando o bonequinho empurra sobre uma rampa e a caixa vem e **passa por dentro do bonequinho e não acontece nada,** é meio estranho

E12: é

E11: é....

E12: só se fosse um..., invisível, não existe isso na realidade

E11: é... [] fosse o bonequinho invisível

GRUPO 09

E27: a pessoa

E28: a pessoa

E27: olha aí, isso aí não é uma pessoa, gente, olha ali

E24: aspecto da realidade, **é que se fizer força demais, aqui ele não vai quebrar a caixa**

E24: **se fizer na vida real pode até quebrar**

E23: e **não tem lógica** botar uma caixa deslizar no gelo

E24: também **o bonequinho ele conseguir ficar em pé no gelo**

GRUPO 10

E30: ‘ahm’ ... **não tem o olho do bichinho** [Risos]

E29: não tem o sol [Risos]

E30: não tem o sol, [] não tem as arvores [Risos]

GRUPO 12

E05: **essa força que ele tem pra poder empurrar a caixa**, *tipo pra cima, pra erguer uma, uma rampa, porque se ele empurrasse na real, quando ele for empurrar essa caixa ele tem que ter muita força*, se não essa caixa, conforme o peso dela, ela *podia voltar pra trás ou ele nem conseguia mover ela*

E06: mas isso não tem nada ver, é na realidade E05, *tipo, tu empurra uma caixa assim e faz uma força bem fraquinha, lá não tinha isso, lá tinha, quer dizer. É algo, sei lá, eu tô empurrando um carro, lá não tinha eu empurrando o carro, é uma coisa que tá presente agora que lá não tava. O do cachorro, ah, do cachorro tava*

E05: o cachorro *tava*

E06: **ninguém ia empurrar um cachorro daquele jeito**

E05: [Risos]

E06: no gelo ainda, coitadinho [Risos]

E05: Não tem nenhum, sei lá. A força, dele se muito, muito forte, *pra* ele mover nesses todos

GRUPO 16

E46: o bonequinho, **a caixa passar em cima do bonequinho**

E47: é a caixa, ele parece aquele *carinha*, aquela mina do *x-mem*, que passa pelo meio das coisa

E46: ahm, deixa eu ver, **o cara conseguir subir o morro empurrando uma caixa**

E47: mas, isso é normal

E46: não, o *cara* não consegue subir um morro empurrando uma caixa de 50

E45: consegue sim

E46: tu não consegue

E45: eu não, mas o []

E46: ninguém consegue

E47: **mas o *carinha* é um robô, né**

E46: então, mas então, **mas já começa aí, o *cara* não é um *cara*, porque o *cara* é um robô**

E45: **um é a caixa passar pelo *carinha*, outro é a caixa numa rampa, ficar parada, porque não tem como.** *Pra* mim não tem como

E46: tem sim [] *tá* vai

E45: **e o *carinha* ser robô**

Aqui os estudantes fazem distinção dos elementos reais relacionados ao fenômeno de estudo e os demais, que neste caso não necessitam de representação:

E29: **mas isso não entra**

E30: **não entra no conteúdo**, mas, *pra* mim *tá* ótimo, dá *pra* entender perfeitamente, bem feitinho

GRUPO 11

Neste diálogo, as estudantes, de certa forma, limitam o contexto em que o tema de estudo está inserido:

E33: nenhum, *tá* tudo ali. Dá até *pra* modificar

E31: mas, *tá*, *tipo*, falando tudo certinho, *tá* mostrando todas as forças

E33: sim. **Só algumas que falta, mas *tá* ótimo *pra* fazer um trabalho, coisa assim, de escola**



O se pode afirmar, segundo a primeira Lei de Newton, sobre a velocidade desta caixa?

g) Zé repete a experiência do item 'd', e observa a caixa se deslocar com velocidade constante sobre o gelo depois de receber um impulso:



constante, e é sempre a mesma.

Como é a velocidade da caixa? É sempre a mesma varia?

h) Zé precisa parar a caixa que desliza sobre o gelo:



i) Zé empurra a caixa contra uma parede:



j) Zé está empurrando a caixa sobre a superfície áspera de uma rampa, mas não consegue deslocar a caixa:



k) Zé empurra a caixa sobre a superfície áspera da rampa com mais força e ela se desloca com velocidade constante:



l) Zé toma observa a caixa descer a rampa coberta de neve com sua velocidade aumentando:



m) Zé observa uma caixa parada sobre rampa que continua parada:



