



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

JÉSSICA ADRIANE DE SOUZA BODEVAN

**O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS E O
DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS E
EPISTÊMICAS EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA SOBRE ENERGIA MECÂNICA**

**VITÓRIA - ES
2020**

JÉSSICA ADRIANE DE SOUZA BODEVAN

**O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS E O
DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS E
EPISTÊMICAS EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVA SOBRE ENERGIA MECÂNICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEEnFis) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – campus Goiabeiras, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

**VITÓRIA - ES
2020**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

B666p Bodevan, Jéssica Adriane de Souza, 1991-
O processo de construção de conceitos e o desenvolvimento
de práticas científicas e epistêmicas em uma sequência de
ensino investigativa sobre energia mecânica / Jéssica Adriane de
Souza Bodevan. - 2020.
194 f. : il.

Orientador: Geide Rosa Coelho.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Exatas.

1. Física. I. Coelho, Geide Rosa. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA



"O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS E O DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS E EPISTÊMICAS EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE ENERGIA MECÂNICA"

Jéssica Adriane de Souza Bodevan

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 24 de setembro de 2020.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
(Orientador PPGEnFis/UFES)

Prof. Dr. Alexandre Fagundes Faria
(Membro Externo/UFMG)

Prof. Profa. Dra. Mirian do Amaral Jonis Silva
(Membro Interno PPGEnFis/UFES)

A Rodrigo, meu amor e maior incentivador.

Aos meus amados pais, Edir e José, que são minha fortaleza cotidiana.

*A todos os professores e professoras que prezam por uma educação pública
de qualidade.*

AGRADECIMENTOS

À santíssima trindade e Nossa Senhora Aparecida, a quem entreguei e confiei toda minha vida.

A meu querido orientador Geide, que me acompanha desde a graduação participando ativamente da minha contínua formação, me orientando e auxiliando em cada passo da minha trajetória acadêmica, e muitas vezes confiando mais em mim do que eu mesma. Obrigada, Geide, por me ensinar tanto com seu exemplo e com seu jeitinho simpático, atencioso e divertido (haja memes!) de levar a vida acadêmica de forma mais leve (além de super produtiva).

A Rodrigo, meu amor e parceiro de muitos anos, que sempre me incentiva e me apoia a dar continuidade aos estudos, que me auxilia com experimentos e nos bastidores de apresentações (algumas vezes com seu delicioso bolo de milho), que me encoraja a seguir, e ao mesmo tempo, é meu aconchego, meu refúgio. Com você ao meu lado parece que tudo fica mais bonito e mais fácil.

Aos meus pais, Edir e José, pela educação que me deram, pelos ensinamentos de fé, pelas conversas, pelas orações, pelo exemplo que são para mim, pela confiança estabelecida desde sempre, por compreenderem minha ausência em alguns momentos e por todo amor que me dão. Minha admiração e gratidão não têm medidas.

Aos meus alunos e alunas que aceitaram a participar dessa pesquisa e tornou tudo isso possível. E aos colegas de trabalho, professores da escola em que a pesquisa foi realizada, pelo apoio fornecido durante toda a realização do projeto.

Aos professores do mestrado profissional por todo ensinamento durante o curso.

Aos colegas de turma que fiz durante esses dois anos, pelo compartilhamento de experiências e angústias, pelas noites de estudo na resolução de listas de exercícios ou preparação de apresentação de trabalhos, e é claro, pelos deliciosos e divertidos intervalos na cantina. Agradeço em especial aos amigos Thays e Vinícius pela parceria de sempre.

Aos colegas do grupo GPFEC pelas inúmeras contribuições nesse trabalho, e a socialização de ideias nos debates de cada sexta-feira à tarde em busca de uma maior compressão sobre o ensino de ciências de maneira democrática e mais próximo do fazer ciência. Agradeço em especial o amigo Leandro que se disponibilizou a ser o *cameraman* durante a intervenção fora da escola e a Professora Mirian, que tem acompanhado meu trabalho desde a qualificação e me dado oportunidades de divulgação da minha pesquisa.

A todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desse trabalho ou que estavam simplesmente torcendo por mim. Gratidão a todos!

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 2018, p. 24)

RESUMO

Referenciais teóricos discutem a importância de uma ressignificação do ensino de ciências para uma nova visão do mundo que permeia o estudante. Nessa perspectiva, alguns estudos problematizam que ensinar ciências requer um planejamento que sobressaia o conteúdo conceitual e incorporem ideias do pensamento científico. Isso evidencia que devemos ensinar não apenas o conteúdo, mas inserir os discentes no universo da ciência de modo que ao observar os fenômenos da natureza, eles consigam construir suas hipóteses, criar suas ideias e organizá-las, procurando compreender o fenômeno observado pela lente da ciência. O ensino por investigação perpassa uma concepção de educação científica que se aproxima do agir, fazer e pensar científicos, articulando a construção de conceitos ao desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas. Nesse sentido buscamos responder: “Como o ensino por investigação pode contribuir para a aprendizagem de conceitos de Energia Mecânica e aproximar os estudantes da cultura científica?”. Temos como objetivo analisar o processo de construção de conceitos associados à Energia Mecânica e ao desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas em uma sequência de ensino investigativa. O estudo é qualitativo e do tipo interventivo, isto é, uma pesquisa aplicada e que possui interferências (durante a aplicação) do professor pesquisador. O trabalho foi desenvolvido com estudantes da primeira série do ensino médio regular em uma escola pública estadual do Estado do Espírito Santo. As análises foram realizadas por meio da interpretação das interações discursivas gravadas em áudio e vídeo, além da produção escrita dos estudantes das atividades realizadas. Os resultados indicam que as aulas realizadas durante a SEI possuem características típicas de aulas investigativas e que essas atividades promoveram o desenvolvimento de práticas típicas da cultura científica, como proposição e comunicação de ideias, teste de hipóteses e construção de explicações pelos estudantes. Outro resultado apresentado é a ampliação de sentidos relacionada a conceitos como energia cinética e potencial gravitacional durante o desenvolvimento da sequência. Essa pesquisa gerou um produto educacional, que é a própria SEI.

Palavras-chaves: Ensino por Investigação; Construção de conceitos; Práticas epistêmicas e científicas; Energia Mecânica.

ABSTRACT

Theoretical references discuss the importance of a resignification of science teaching to a new view of the world in which the student permeates. In this perspective, some studies problematize that teaching science (physics, chemistry or biology) requires a planning that stands out from the conceptual content and the ideas of scientific thought, this evidence that we must teach not only the content but insert the students into the universe of science so that by observing the phenomena of nature they can build their hypotheses, create their ideas and organize them seeking to understand the phenomenon observed through the lens of science. Teaching by research goes through a conception of scientific education that comes close to scientific doing, which is not just studying science, the development of scientific and epistemic practices also follows this movement. In this sense, we seek to answer: "How can teaching by research contribute to the learning of Mechanical Energy concepts and bring students closer to scientific culture?". We aim to analyze the process of building concepts associated with Mechanical Energy and the development of epistemic and scientific pThe results indicate that the classes held during SEI have characteristics typical of investigative classes and that these activities have promoted the development of practices typical of scientific culture by studentsractices in a sequence of investigative teaching. The study is qualitative and the research fits into the interventional type, that is, an applied research and which have interferences (during the application) of the researcher teacher, the work was developed with students of the first series of regular high school in a state public school . The analyzes were carried out by means of audio and video recordings. The results indicate that the classes held during SEI have characteristics typical of investigative classes and that these activities promoted the development of practices typical of scientific culture as proposition and communication of ideas, testing of hypotheses and construction of explanations by students. Another result presented is the expansion of meanings related to concepts such as kinetic energy and gravitational potential during the development of the sequence. This research generated an educational product, which is SEI itself.

Keywords: Teaching by Research; Concept construction; Epistemic and scientific practices; Mechanical Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do Bate-estacas.....	20
Figura 2: Lei de Hooke, Nussenzveig, 2002, p. 111.....	26
Figura 3: Problema 39 – Conservação de energia.....	29
Figura 4: Representação esquemática das fases que compõem cada uma das fases do processo EAR.....	38
Figura 5: Proposta de processo de construção e validação de SEI inspirada no processo EAR proposto por Guimarães e Giordan (2013).....	42
Figura 6: Ferramenta para análise de aulas investigativas.....	44
Figura 7: Entrada da Escola.....	61
Figura 8: Dependências internas da escola.....	62
Figura 9: Trecho 1 da matriz conhecimento referente ao 2º trimestre da 1ª série do EM.....	64
Figura 10: Trecho 2 da matriz conhecimento referente ao 2º trimestre da 1ª série do EM.....	64
Figura 11: Momento de planejamento com os mediadores na Praça da Ciência.....	74
Figura 12: Slides usados na contextualização do momento 1 da SEI.....	76
Figura 13: Slide usado na problematização do momento 1 da SEI.....	77
Figura 14: Vídeo utilizado para sistematização do momento 1.....	78
Figura 15: Produção de texto momento 1.....	79
Figura 16: Produção de texto momento 1.....	80
Figura 17: Vídeo utilizado para contextualização do momento 2.....	80
Figura 18: Slides usados na contextualização do momento 2 da SEI.....	81
Figura 19: Slides usados na sistematização do momento 2 da SEI.....	82
Figura 20: Desenhos produzidos por estudantes.....	83
Figura 21: Estudantes construindo a montanha russa.....	85
Figura 22: Estudantes testando a montanha russa.....	85
Figura 23: Estudantes realizando medidas da montanha russa.....	86
Figura 24: Visita guiada pelos mediadores da Praça da Ciência.....	88

Figura 25: Equipamento Plano inclinado.....	89
Figura 26: Problematização no Plano inclinado.....	90
Figura 27: Estudantes realizando medidas.....	91
Figura 28: Momento em que estudantes se reúnem para estimar a velocidade dos puxadores com as medidas realizadas por eles.....	91
Figura 29: Relatório investigativo respondido por um dos grupos.....	92
Figura 30: Estudantes escrevendo cartas ao Prefeito.....	93
Figura 31: Carta 1 – Novos saberes.....	94
Figura 32: Carta 2 – Novos saberes.....	95
Figura 33: Carta 3 – Importância da visita.....	96
Figura 34: Carta 4 – Importância da visita.....	97
Figura 35: Tentativa de construção da montanha.....	102
Figura 36: Teste para resolução da situação-problema.....	102
Figura 37: Realização de medidas.....	103
Figura 38: Relatório investigativo – grupo 1.....	104
Figura 39: Relatório investigativo – grupo 2.....	105
Figura 40: Relatório investigativo – grupo 3.....	140
Figura 41: Equipamento plano inclinado.....	113
Figura 42: Relatório investigativo - Problema 1	120
Figura 43: Relatório investigativo - Problema 1	121
Figura 44: Relatório investigativo - Problema 2	123
Figura 45: Relatório investigativo - Problema 2	124
Figura 46: Equação para resolução do problema 2.....	125

LISTA DE QUADROS

Quadro1: Ideias de Sasseron (2018) de forma sintetizada sobre as práticas epistêmicas e científicas.....	52
Quadro 2: SEI.....	67
Quadro 3: Interações discursivas sobre o problema 1.....	113
Quadro 4: Interações discursivas sobre o problema 1.....	114
Quadro 5: Interações discursivas sobre o problema 1.....	117
Quadro 6: Interações discursivas sobre o problema 1.....	118
Quadro 7: Interações discursivas sobre o problema 1.....	118
Quadro 8: Interações discursivas sobre o problema 2.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC.....	Base Nacional Comum Curricular
CTS.....	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EAR.....	Elaboração, aplicação e reelaboração
E_c	Energia cinética
ECF.....	Escola da ciência física
Ediv.....	Especialização em Educação e Divulgação de Ciências
EEEM.....	Escola estadual de ensino médio
EJA.....	Educação de jovens e adultos
EM.....	Ensino médio
E_{mec}	Energia mecânica
ENF.....	Educação não formal
E_p	Energia potencial
E_{pe}	Energia potencial elástica
E_{pg}	Energia potencial gravitacional
GP FEC.....	Grupo de pesquisa formação docente, linguagem e cultura em educação em Ciências
Ifes.....	Instituto Federal do Espírito Santo
PC.....	Práticas científicas
PC1.....	Trabalho com novas informações
PC2.....	Levantamento e teste de hipóteses
PC3.....	Construção de explicações e elaborações de justificativas, limites e previsões das explicações
PE.....	Práticas epistêmicas
PE1.....	Proposição de ideias

PE2.....Comunicação de ideias
PE3.....Avaliação de ideias
PE4.....Legitimação de ideias
Pibic.....Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
Pibid.....Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
Pivic.....Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica
SD.....Sequência didática
Sedu.....Secretaria da educação
Seges.....Sistema Estadual de Gestão Escolar
SEI.....Sequência de ensino investigativa
Seme.....Secretaria municipal de educação
Ufes.....Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
A PROFESSORA PESQUISADORA QUE TENHO ME TORNADO	14
A PESQUISA, O TEMA E PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO	15
1. ENERGIA MECÂNICA	18
1.1. RELAÇÕES ENTRE TRABALHO E ENERGIA	18
1.2. FORMULAÇÕES MATEMÁTICAS PARA ENERGIA MECÂNICA	21
1.3. PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA	27
1.4. EXEMPLIFICANDO PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA	28
2. EMBASAMENTO TEÓRICO	32
2.1. O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A SEI	34
2.2. AMPLIANDO DISCUSSÕES SOBRE CONSTRUÇÃO, VALIDAÇÃO E MEDIAÇÃO DE UMA SEI	37
2.3. A COMPREENSÃO DOS SENTIDOS PRODUZIDOS POR ESTUDANTES	47
2.4. PRÁTICAS EPISTÊMICAS E CIENTÍFICAS NO DESENVOLVIMENTO DA SEI	49
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	56
3.1. A PESQUISA INTERVENÇÃO	57
3.1.1. O método da intervenção	59
3.1.2. O método de avaliação da intervenção	59
3.2. CONTEXTO DA INTERVENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ENVOLVIDOS NA PESQUISA	60
3.3. A PROPOSTA DE SEI	65
3.4. A ESCOLHA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E A ATIVIDADE PILOTO	70
3.5. O DESENVOLVIMENTO DA SEI	76
3.5.1. Momento 1: De onde vem a energia?	76
3.5.2. Momento 2: Como funcionam as hidrelétricas?	80
3.5.3. Momento 3: A bolinha passa? Ou não passa?	84

3.5.4. Momento 4: Física, fora da escola?	87
3.5.5. Momento 5: A lata mágica	98
3.5.6. Momentos da SEI selecionados para análises	99
4. ANÁLISES E DISCUSSÕES	100
4.1. ANALISANDO: A BOLINHA PASSA? OU NÃO PASSA?	101
4.2. ANALISANDO: FÍSICA, FORA DA ESCOLA?	111
CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
REFERÊNCIAS	133
APÊNDICE A: Carta de anuência da escola	138
APÊNDICE B: Termos de Assentimento livre e esclarecido	139
APÊNDICE C: Termos de Consentimento livre e esclarecido	140
APÊNDICE D: Solicitação de autorização da Seme para utilização da Praça da Ciência na pesquisa	141
APÊNDICE E: Autorização da Seme para utilização da Praça da Ciência na pesquisa	142
APÊNDICE F: Relatório investigativo	143
APÊNDICE G: Atividade de Sistematização – Praça da Ciência	144
APÊNDICE H: O produto educacional	145

INTRODUÇÃO

Inicialmente apresento alguns tópicos estruturantes que ajudam a esclarecer a pesquisa e facilitam a compreensão de quem sou como professora/pesquisadora em constante formação e como minhas vivências/experiências contribuíram para o delineamento dessa pesquisa. Primeiro, conto um pouco da minha trajetória acadêmica e profissional, em seguida, discorro sobre o tema e problema de investigação do trabalho e, por fim, apresento os objetivos definidos em geral e específicos.

A PROFESSORA PESQUISADORA QUE TENHO ME TORNADO

Minha trajetória acadêmica iniciou em 2009 no Curso de Física Bacharelado na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Nesse período tive a oportunidade de participar de alguns programas acadêmicos, como o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic) e o Programa Institucional de Voluntários de Iniciação Científica (Pivic). Esses projetos colaboraram com minha formação, me apresentando uma base do dia a dia de pesquisadores da linha mais dura da física (se assim podemos chamar), pois foram nesses projetos que tive uma ideia inicial do fazer ciência e do cotidiano de laboratórios experimentais. Ainda durante a graduação, no bacharelado, fui chamada a iniciar a docência em uma escola pública da rede estadual, e por coincidência, a escola era a mesma a qual eu tinha cursado o meu ensino médio. A partir daí tive a experiência do que era ser professora e reconheci a responsabilidade social desse profissional. O que eu estava vivendo de alguma forma me transformava, modificava minha forma de pensar e o que eu almejava para minha formação.

A experiência enquanto professora na educação básica, ainda na graduação, me fez perceber que eu deveria ter uma melhor formação para assumir o exercício da docência. Decidi mudar de curso, saí do Bacharelado, e ingressei na Física Licenciatura em 2014. Hoje, posso afirmar que tive uma experiência, afinal, “é em mim onde se dá a experiência, onde a experiência tem lugar” (LARROSA, 2011 p.6). Conclui a Licenciatura em 2016/1 e logo ingressei no semestre seguinte, 2016/2, em um curso de pós-graduação Lato Sensu, a Especialização em Educação e Divulgação de Ciências (Ediv) no Instituto

Federal de Espírito Santo (Ifes), pois estava encorajada a não cessar meus estudos e dei continuidade a minha trajetória acadêmica.

Foi durante a pós-graduação que me (re)descobri como professora pesquisadora. Lecionar os conteúdos de física e analisar os resultados das provas não mais me satisfazia, eu queria de alguma forma ver mais do que dados quantitativos (não que esses dados não sejam importantes). Meus questionamentos estavam relacionados desde a minha forma de ensinar até a aprendizagem dos meus alunos. Nesse movimento em algum momento eu parei de analisar apenas eles, os discentes, e comecei a analisar o todo: eles, eu e tudo o que juntos pudéssemos construir e consolidar sobre o ensino de Física. Nesse momento, entendi que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua produção ou construção” (FREIRE, 2018 p.24). A partir de então começaram as participações em simpósios, congressos, encontros de pesquisas, entre outros eventos com pequenas amostras de trabalhos desenvolvidos por mim em sala de aula na área do ensino de Física: eram os meus relatos de experiência. Tais trabalhos não contribuíram apenas com a aprendizagem básica de meus alunos, mas também para minha própria formação que considero contínua. Aqui estou mais uma vez apresentando meu trabalho/pesquisa de sala de aula, mas dessa vez numa perspectiva mais ampla e com um olhar mais aprofundado proporcionado pelo mestrado profissional.

A PESQUISA, O TEMA E PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO

Concordamos com referenciais teóricos que assumem que o ensino de ciências no cotidiano escolar requer um planejamento que sobressaia o conteúdo conceitual e incorpore as ideias do pensamento e modos de agir da ciência. É necessário que os professores, com o apoio da escola, desenvolvam possibilidades para que a cultura científica seja conhecida pelos alunos. Isso evidencia que devemos ensinar não apenas o conteúdo, mas inserir os discentes no universo da ciência (aproximando-os de suas normas e práticas) de modo que ao observar os fenômenos da natureza, eles consigam construir suas hipóteses, explicitar suas ideias e organizá-las procurando compreender o

fenômeno observado pela lente da ciência (CARVALHO, 2011; SASSERON, 2015).

Como base nesse pensamento, reconhecemos que o Ensino por Investigação propicia uma aproximação dos estudantes à cultura científica por meio de situações-problema (apresentadas pelo professor) como forma de organização do processo de ensino e aprendizagem. A sequência de ensino investigativa (SEI) é uma proposta didática baseada no ensino por investigação e busca a ampliação de autonomia dos discentes. Dessa forma, o professor deixa de ser o centro das atenções e sua mediação¹ é ressignificada de maneira que este, professor(a), tem a posição de acompanhamento/suporte do processo fazendo questionamentos, provocando novas questões baseadas nas hipóteses apresentadas pelos estudantes, com o objetivo de organizar coerentemente as ideias dos alunos, propor e sistematizar ideias. Nesse sentido, o docente que se propõe a assumir essa abordagem de ensino deve saber muito mais do que o conteúdo a ser lecionado, ele deve se transformar em um professor questionador e compartilhar com os estudantes a responsabilidade pelo processo de significação e desenvolvimento de práticas sociais típicas da cultura científica (NASCIMENTO; SASSERON, 2019; SILVA-JUNIOR; COELHO, 2020).

Com relação à escolha do tema para a SEI levamos em consideração que a matéria de Energia possui enfoque nas áreas de ensino de ciências de modo geral fazendo-se presente na Física, Química e Biologia. Sendo assim, o tema é pertinente, uma vez que oferece a oportunidade da realização de atividades interdisciplinares e possibilita a visualização da ciência de forma ampla.

Além disso, o princípio da conservação de energia, especificamente na disciplina Física, se faz presente em diversos ramos como: Mecânica Clássica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna, e é conteúdo central para a construção de conceitos em outras temáticas da Física (PARMA;

¹ Mediação está relacionada ao trabalho pedagógico que se dá inter-relação entre professores e estudantes com meios mediacionais para a construção de conhecimentos na sala de aula.

BRUGNAGO; BELLUCCO, 2018). Desse modo, fica evidente que a temática discutida permeia como um elemento central do ensino de ciências e fica justificável a importância de trabalhar esse conteúdo de forma diferenciada e com maior atenção, levando sempre em consideração que “quando temos por objetivo um ensino de Física que forme cidadãos capazes de participar, atuar e viver na sociedade atual, considerações precisam ser delineadas” (SASSERON, 2010, p. 11).

Devido o público-alvo dessa pesquisa ser estudantes da primeira série do ensino médio e a fim de cumprir com as Diretrizes e Bases impostas pela Secretaria da Educação Estadual do Espírito Santo (SEDU), o tema central desse estudo será a Energia Mecânica, obedecendo a uma grade curricular que não apenas nos direciona, como também nos aprisiona nos conteúdos escolares. O tema selecionado coincidia com o período de realização da pesquisa e a série a qual faria parte do projeto.

Desse modo, nosso problema de investigação de pesquisa é: “Como o ensino por investigação pode contribuir para a aprendizagem de conceitos de Energia Mecânica e aproximar os estudantes da cultura científica?”.

A fim de responder nosso problema de investigação da pesquisa, apresentamos como objetivo geral: analisar o processo de construção de conceitos associados à Energia Mecânica e o desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas em uma sequência de ensino investigativa. Dessa forma, nossos objetivos específicos são: (i) Desenvolver e validar uma SEI para abordagem de Energia Mecânica; (ii) Compreender os sentidos produzidos pelos estudantes sobre os conceitos associados a Energia Mecânica e (iii) Identificar práticas epistêmicas e científicas no desenvolvimento da SEI.

1. ENERGIA MECÂNICA

Em alguns casos pode ser difícil descrever alguns movimentos utilizando as Leis de Newton, como por exemplo, um esquiador descendo uma curva. Neste caso, pode-se usar como método alternativo para analisar esse movimento conceitos como os de trabalho e energia (TIPLER e MOSCA, 2009).

Usar o princípio de conservação da energia mecânica pode ser o caminho que permita resolver problemas que seriam dificilmente solucionados pelas Leis de Newton, pois quando a energia mecânica é conservada não precisamos levar em consideração os movimentos intermediários, nem calcular o trabalho pelas forças relacionadas ao movimento (HALLIDAY e RESNICK, 2010).

A seguir discutiremos a energia mecânica em três seções. Na primeira seção (1.1) apresentamos as relações entre a energia e o trabalho realizado; na segunda (1.2) deduzimos as equações matemáticas para as energias cinética, potencial gravitacional e elástica; na terceira seção (1.3) levamos em consideração as discussões feitas nas seções anteriores para compreendermos o princípio de conservação da energia mecânica; e por fim, na quarta e última seção (1.4) apresentamos a resolução de um problema utilizando os conceitos de energia mecânica. Para construção desse capítulo nos apoiamos em livros de Física destinados ao ensino superior, sendo eles: Nussenzveig (2002), Tipler e Mosca (2009) e Halliday e Resnick (2016).

1.1. RELAÇÕES ENTRE TRABALHO E ENERGIA

Na Física, trabalho de uma força é a transferência de energia de um corpo para outro por meio de uma força, e é caracterizado como uma grandeza escalar que pode ser positiva, negativa ou zero (TIPLER e MOSCA, 2009). De acordo com os autores isso significa que, se considerarmos dois corpos quaisquer A e B, e se o corpo A exerce trabalho sobre B de forma que A transfira alguma energia para B, o trabalho realizado por A será positivo e só será negativo se a

transferência de energia for de B para A. Se não existir transferência de energia entre esses dois corpos, não haverá realização de trabalho. Desde modo, pode-se afirmar que:

Trabalho é realizado sobre um corpo por uma força quando o ponto de aplicação da força se desloca. Para uma **força constante**, o trabalho é igual à componente da força no sentido do deslocamento vezes a magnitude do deslocamento (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 169).

Essa definição de trabalho é matematicamente representada por:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta x}$$

Desde modo, “o trabalho é tanto maior quanto maior o deslocamento ou a força sob a ação da qual ele se realiza” (Nussenzveig, 2002, p.109). Para casos em que a força é aplicada formando um ângulo θ com o sentido do deslocamento a definição matemática é:

$$W = |F| \cdot \cos \theta \cdot |\Delta x|$$

Em alguns casos específicos a força aplicada não é constante, então, o trabalho é definido como a soma infinitesimal do produto $F(x) \cdot dx$ representado matematicamente por:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} |F(x)| \cdot dx$$

Um exemplo clássico encontrado nos livros de Física do ensino superior para esse caso específico é a aplicação da Lei de Hooke: a força é exercida em uma mola (ou por uma mola) varia conforme o seu deslocamento (ou deformação).

Nussenzveig (2002) exemplificou a relação do trabalho de uma força constante com energia por meio do funcionamento de um “bate-estacas”. Para isso, o autor apresentou duas situações que estão representadas na figura abaixo:

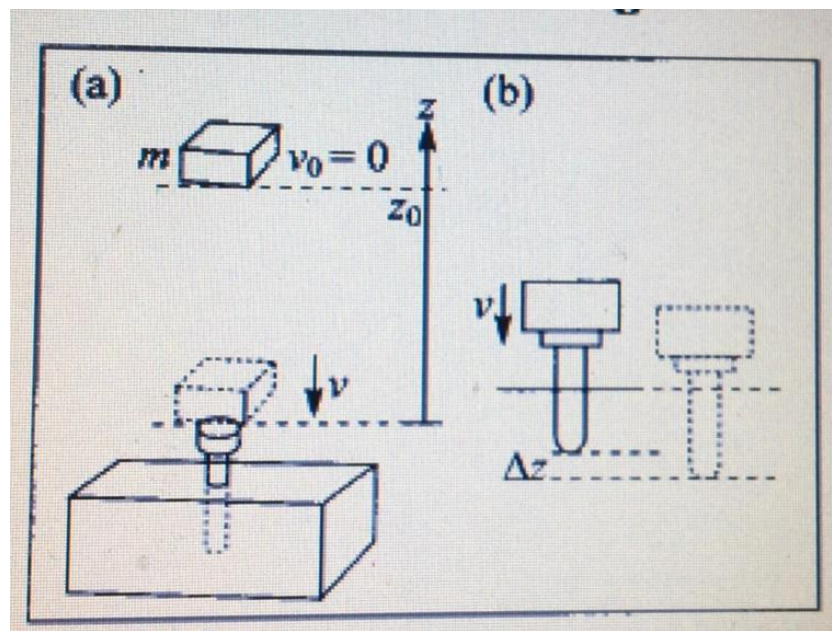


Figura 1: Representação do Bate-estacas

Fonte: Nussenzveig (2002)

Na figura vemos que na parte (a) um bloco de massa m e $V_0 = 0$ está localizado verticalmente a uma altura Z_0 de uma estaca. Em (b) o bloco é solto, e então se descoloca em queda livre adquirindo uma velocidade V , e com a queda, o bloco exerce uma força na estaca e essa força é utilizada para enterrá-lo, no próprio eixo z , de cima para baixo.

Neste exemplo o trabalho realizado pelo bloco sobre a estaca está associado com a energia transferida por ele. No primeiro momento que o bloco está localizado na altura Z_0 ele armazena um tipo de energia denominada de energia potência gravitacional (E_{pg}) e quando o bloco é solto, toda energia potencial gravitacional se transforma em outro tipo de energia, chamada de energia cinética (E_c). No momento em que o bloco empurra a estaca realiza um trabalho sobre ela (trabalho positivo, pois o deslocamento e a força estão no mesmo sentido) e isso só é possível devido à variação de energia do bloco.

Importante dizer que na situação (a) para que o bloco armazenasse E_{pg} houve a transformação de E_c em E_{pg} . O bloco é colocado em movimento (e, portanto, tem energia cinética) até atingir a altura Z_0 (armazena energia potencial gravitacional). Ao considerarmos a estaca como referencial, e o ato de levantar o bloco até a altura desejada, há a realização do trabalho de uma força e, portanto, existe transferência de energia. Neste caso, a transferência ocorre da pessoa que faz o movimento para o bloco.

Sobre essas energias pode-se afirmar que “a energia cinética é a energia associada ao movimento” (TIPLER e MOSCA, 2009, p.171). E “a forma de energia que só depende da posição em que o bloco se encontra chama-se energia potencial gravitacional” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 111).

1.2 FORMULAÇÕES MATEMÁTICAS PARA ENERGIA MECÂNICA

“Quando forças realizam trabalho sobre uma partícula, o resultado é uma variação da energia associada ao movimento da partícula” (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 171). Isto é, se várias forças atuam sobre uma partícula e a somatória dessas forças resulta em diferente de zero, a partícula tende a se mover devido a energia cinética transferida pelo trabalho realizado por essas forças.

Considerando que as forças exercidas sobre uma partícula são constantes, utilizaremos a segunda Lei de Newton para representar, matematicamente, a força aplicada.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Se considerarmos a força constante, logo a aceleração será também constante. Então, para descobrir a velocidade da partícula devido ao movimento associado a essa força utilizaremos a equação de Torricelli.

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

Ao isolar, a aceleração da equação acima temos:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot \Delta x}$$

Substituindo a equação acima na segunda lei de Newton temos que:

$$F = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot \Delta x}$$

Levando em consideração que para realização de trabalho deve haver deslocamento da partícula nesse processo de transferência de energia, multiplicamos ambos os lados da equação acima por Δx , e chegamos a:

$$F \cdot \Delta x = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2}$$

Isto é:

$$W = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Neste caso, o lado direito da equação representa, matematicamente, a variação da energia cinética. E “W” é o trabalho realizado devido à variação da energia cinética nos momentos final e inicial do movimento. Essa dedução matemática é chamada de Teorema do trabalho-energia cinética.

Portanto, a energia cinética é uma energia associada ao movimento que pode ser calculada a partir da equação:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Nem sempre o trabalho total realizado em um sistema será apenas a variação da energia cinética, haja vista que em alguns casos a energia transferida pela realização do trabalho pode ser armazenada na forma de energia potencial, e essa energia está associada a posições relativas ao sistema, denominada energia potencial gravitacional ou energia potencial elástica (TIPLER e MOSCA, 2009).

No caso da energia potencial gravitacional, levamos em consideração a posição de um objeto em relação ao solo, ou seja, a altura ou outra referência qualquer. Já no caso da energia potencial elástica levamos em consideração a posição da mola, ou seja, a deformação em relação ao seu ponto de equilíbrio (ponto em que a mola não está comprimida nem estirada).

Nesses casos as forças exercidas para realizar o trabalho são a força gravitacional (conhecida como força peso), e a força elástica. Elas, força gravitacional e elástica, são matematicamente descritas como:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}$$

e

$$\vec{F} = -k \cdot \overrightarrow{\Delta x}$$

Chamamos essas forças de **forças conservativas**, elas são conceitualmente definidas como:

Uma força é conservativa se o trabalho que ela realiza sobre uma partícula é zero quando a partícula percorre qualquer caminho fechado, retornando a sua posição inicial (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 199).

Ou seja:

O trabalho realizado por uma força conservativa sobre uma partícula é independente do caminho percorrido pela partícula de um ponto a outro. (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 199).

Para deduzir a equação da energia potencial gravitacional vamos considerar o caso do bloco representado na figura 1. A E_{pg} adquirida pelo bloco é consequente da realização do trabalho de uma força usada para levantar o bloco. Porém, durante a queda do bloco a força que realizará trabalho será a força gravitacional (direção vertical e sentido para baixo) e o módulo do deslocamento (no mesmo sentido da força) é igual a altura em relação ao solo. Desde modo, para deduzir a formulação matemática para energia potencial gravitacional partimos da equação de trabalho:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} |F(x)| \cdot dx$$

Entretanto, a variação de deslocamento dx é a própria altura (h) em relação ao solo, como a direção é vertical é mais conveniente representar essa variação por dy , além disso, é importante lembrar que o trabalho é realizado pela força peso, representado por:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}$$

Substituindo a força $\vec{F}$ e variação dy na equação do trabalho “W” temos que:

$$W = \int_{y_0}^{y_1} m \cdot g \cdot dy$$

Como “m” e “g” são grandezas constantes elas saem da integral, assim:

$$W = m \cdot g \int_{y_0}^{y_1} dy$$

Logo:

$$W = m \cdot g \cdot dy$$

Entretanto:

Se o ponto de referência da partícula é tomado como $y_i = 0$ e a energia potencial gravitacional correspondente é tomada como $U_i = 0$, a energia potencial gravitacional U quando a partícula está a uma altura h é dada por $U(y)=mgy$. (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 423).

Portanto, a “energia potencial associada a um sistema formado pela Terra e uma partícula nas vizinhanças da Terra é chamada de energia potencial gravitacional” (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 423), e pode ser calculada a partir da equação:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

Substituímos **y** por **h**, pois estamos considerando um sistema Terra-partícula e, nesse caso, a variação de deslocamento **dy** (deslocamento vertical) representa a própria altura **h** em relação ao solo.

Para deduzir a equação da energia potencial elástica o raciocínio é parecido, a força que realiza o trabalho é a força elástica e o deslocamento realizado por essa força é a própria deformação da mola. Observe a figura a seguir.

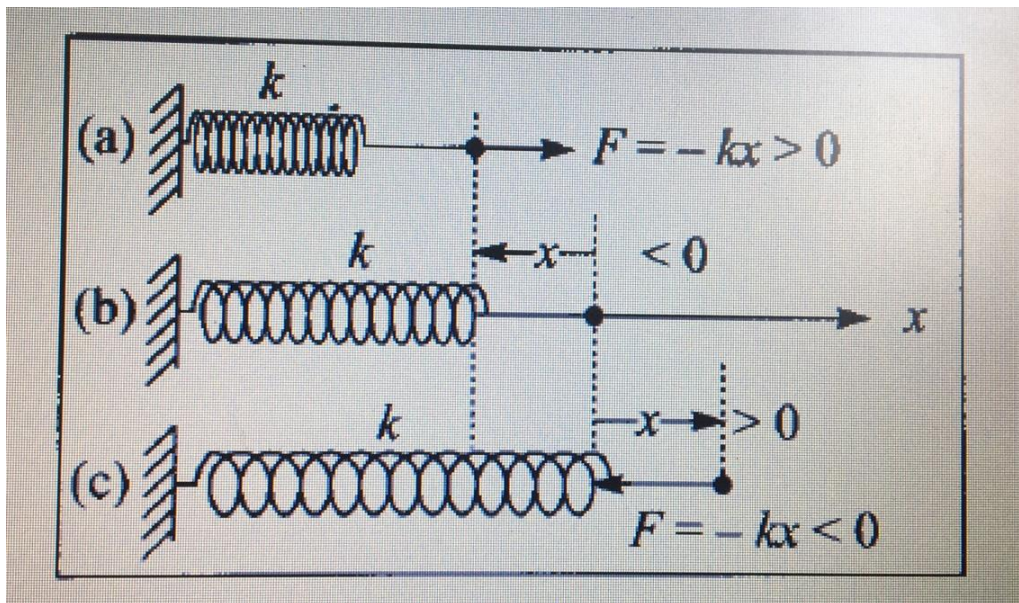


Figura 2: Lei de Hooke, Nussenzveig, 2002, p. 111.

A figura dois representa a três situações distintas de uma mola. Em (b) a mola encontra-se em uma posição de equilíbrio, portanto, a força exercida por ela é zero. Em (a) a mola é comprimida por uma força F , a mola por sua vez exerce uma força contrária à força F e contrária a deformação que ela sofre. Em (c) a mola é distendida por uma força F e a mola por sua vez exerce uma força contrária a F e à sua deformação.

Isso significa que não importa se a mola seja comprimida ou distendida, a força exercida pela mola sempre terá o sinal negativo (-) por se tratar de uma força restauradora, que busca a o equilíbrio do sistema.

Desde modo, ao calcular o trabalho realizado pela força elástica tem-se que:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} -k \cdot x \cdot dx$$

Como “ k ” é constante, logo:

$$W = -k \int_{x_0}^{x_1} x \cdot dx$$

O resultado da integral acima é dado por:

$$W = \frac{-k (x_1^2 - x_0^2)}{2}$$

Convencionalmente adota-se que em x_0 a mola é deformada e que em x_1 estará relaxada, ou seja, tem energia potencial nula (HALLIDAY e RESNICK, 2016). Desse modo, a equação matemática para calcular energia potencial elástica é dada por:

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Isso quer dizer que a “energia potencial elástica é a energia associada ao estado de compressão ou extensão de um objeto elástico” (HALLIDAY E RESNICK, 2016, p. 423)

1.3 PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

A soma das energias de um sistema, sejam elas energia cinética e energia potencial, é chamada de energia mecânica total (TIPLER e MOSCA, 2009). Isto é:

$$E_{mec} = E_c + E_p$$

A energia potencial, E_p , simbolizada na equação acima, pode ser tanto a energia potencial gravitacional, quanto a energia potencial elástica. É preciso analisar cada situação e sistema.

Quando a energia de um sistema se conserva, ou seja, quando as variações de energia não se alteram nos valores inicial e final, chamamos esse sistema de isolado. Nestes casos podemos desprezar as forças dissipativas como resistência do ar e atrito, e temos que:

$$E_{mec} = E_c + E_p = \textit{constante}$$

Nesse sentido, concordamos que:

Em outras palavras, quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a energia mecânica final com a energia mecânica inicial do sistema, sem considerar o movimento intermediário e o trabalho realizado pelas forças envolvidas (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 204).

O resultado de qualquer sistema isolado em que apenas as forças conservativas causam variação das energias, cinética e potencial, de forma que não se altera a as energias mecânicas inicial e final, é conhecido como o princípio de conservação da energia mecânica (HALLIDAY e RESNICK, 2016) e é matematicamente representado como:

$$E_{mec\ final} = E_{mec\ inicial}$$

1.4 EXEMPLIFICANDO PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA

Para exemplificar a resolução de problemas utilizando o princípio de conservação da energia mecânica apresentamos abaixo o problema 39, do capítulo 7 (Conservação da energia) proposto pelo livro Tipler e Mosca (2009) e sua respectiva resolução.

- 39 • O objeto de 3,00 kg da Figura 7-42 é largado do repouso de uma altura de 5,00 m em uma rampa curva sem atrito. Na base da rampa está uma mola com uma constante de força de 400 N/m. O objeto desliza rampa abaixo e até a mola, comprimindo-a de uma distância x até atingir momentaneamente o repouso. (a) Encontre x . (b) Descreva o movimento do objeto (se ocorrer) após o repouso momentâneo.



FIGURA 7-42 Problema 39

Figura 3: Problema 39 – Conservação de energia

Fonte: Tipler e Mosca (2009)

Iniciamos a resolução dessa questão separando os dados apresentados no problema, sendo eles:

$$m_{\text{objeto}} = 3,00 \text{ kg}$$

$$h_{\text{rampa}} = 5,00 \text{ m}$$

$$k_{\text{mola}} = 400 \text{ N/m}$$

Em seguida, precisamos entender e interpretar a situação problema identificando quais as energias presentes no início e no final do movimento. No caso proposto, o bloco está inicialmente em repouso no alto da rampa, ou seja, possui apenas energia potencial gravitacional (E_{pg}), pois como sua velocidade é zero, sua energia cinética (E_c) também é zero. Ao final do trajeto o bloco está no ponto mais baixo da rampa, novamente em repouso e comprimindo a mola, ou seja, nesse momento o existe apenas energia potencial elástica (E_{pe}). Vamos considerar que as forças de atrito e resistência do ar são desprezíveis

ao movimento e, portanto, a energia do sistema se conserva, logo, podemos utilizar o princípio de conservação da energia mecânica.

Partindo desse entendimento, iniciamos a resolução matemática para responder o item (a), temos que:

$$E_{mec\ final} = E_{mec\ inicial}$$

$$E_{C\ final} + E_{p\ final} = E_{C\ inicial} + E_{p\ inicial}$$

$$E_{ps\ final} = E_{pg\ inicial}$$

$$\frac{k \cdot x^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,00 \cdot 9,81 \cdot 5,00}{400}}$$

$$x \approx 0,858m$$

Ou seja, a mola será comprimida 0,858m após ser atingida pelo bloco. Utilizamos o valor de $g=9,81m/s^2$, pois os dados fornecidos pelo problema possuem três algarismos significativos.

Para resolver o item (b) precisamos identificar as energias presentes no início e final do movimento. Nesse caso, as energias presentes são potenciais elástica e gravitacional, respectivamente, e que em ambos os casos a energia cinética é igual a zero, desde modo:

$$E_{mec\ final} = E_{mec\ inicial}$$

$$E_{C\ final} + E_{p\ final} = E_{C\ inicial} + E_{p\ inicial}$$

$$E_{pg\ final} = E_{ps\ inicial}$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

$$h = \frac{k \cdot x^2}{2 \cdot m \cdot g}$$

$$h = \frac{400 \cdot 0,858^2}{2 \cdot 3,00 \cdot 9,81}$$

$$h = 5,00\ m$$

Logo, se o bloco for empurrado pela mola após o instante de repouso em que o próprio bloco contraiu a mola, ele se movimentará no sentido contrário ao trajeto de origem e subirá novamente ao início da rampa, atingindo a altura de 5,00m.

Importante ressaltar que esse valor faz sentido, pois desprezamos as forças dissipativas e considerarmos o sistema isolado em que as energias se conservam.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Estudos defendem a importância do uso de diferentes recursos e estratégias na área de ensino de Física. Por muitos anos (ainda permeando o cenário educacional) as aulas mantinham centralidade no discurso do professor, diretivas, enquanto os alunos replicavam leis, fórmulas e experimentos e, portanto, não faziam parte do processo de construção do conhecimento (CARVALHO, 2013). Autores como Silva Júnior e Coelho (2020) problematizam essa discussão relatando que os próprios materiais instrucionais e estratégias abordadas em sala de aula corroboram para aulas diretivas e demasiadas de resolução de exercícios na falsa expectativa de garantir a aprendizagem por meio da repetitividade. De acordo com os autores, isso reforça nos estudantes, a ideia de que as aulas de Física se resumem em fórmulas apresentadas e explicadas pelo professor para, posteriormente, solucionar exercícios.

Levando isso em consideração a intervenção que produziu dados para essa pesquisa buscou viabilizar o protagonismo dos discentes a fim de que estes desenvolvam uma postura crítica e investigativa entendendo-a como fundante do processo de aprendizagem. Para a compreensão detalhada do ensino por investigação e da elaboração de uma SEI nos apoiamos nas ideias de Munford e Lima (2007), Carvalho (2011, 2013) e Sasseron (2010,2015), pois consideramos que essas autoras descrevem com riqueza de detalhes as características de atividades investigativas e como devem ser mediadas para compor uma SEI. Essas ideias serão discutidas na sessão 2.1 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A SEI.

Para a construção e validação da SEI nos apropriamos das ideias de Guimarães e Giordan (2013) buscando ampliar a discussão trazida pelos autores para Sequência Didática. E para complementar a discussão da SEI, estudaremos a ferramenta analítica proposta por Coelho e Ambrósio (2019) para caracterização de atividades investigativas e maior entendimento sobre a mediação. Essa discussão se passa na seção 2.2 AMPLIANDO DISCUSSÕES SOBRE CONSTRUÇÃO, VALIDAÇÃO E MEDIAÇÃO DE UMA SEI.

Assumimos que durante o desenvolvimento de uma SEI são produzidos sentidos pelos estudantes e é preciso compreender tais sentidos, isto é, “examinar de que modo os sujeitos dessa experiência povoam novos sentidos” (CREPALDE e AGUIAR JR, 2013 p. 299). Nessa perspectiva de compreensões de sentidos, nos apropriamos das ideias apresentadas por Pereira (2020), que problematiza as diferentes definições conceituais a respeito de sentidos e significados. Entendemos que nem sempre os estudantes trarão conceitos científicos para a resolução de problemas, e por utilizarem uma linguagem cotidiana, a busca pela compreensão das narrativas produzidas por esses sujeitos fazem parte do movimento entre ensinar, mediar e aprender. Trazzi e Oliveira (2016) trazem contribuições empíricas acerca desta discussão. Para embasar nossa compressão incluímos em nossa discussão Crepalde e Aguiar Jr (2013), Trazzi e Oliveira (2016) e Pereira (2020) na seção 2.3 A COMPREENSÃO DOS SENTIDOS PRODUZIDOS POR ESTUDANTES.

Para além da compreensão dos sentidos, nos interessamos em buscar evidências do desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas ao longo da SEI. Referenciais teóricos como Munford e Lima (2007), Silva (2013) e Sasseron (2010; 2015; 2018) problematizam que a ciência ensinada na escola não vincula elementos da ciência mantendo o foco no ensino e aprendizagem de conceitos. O fato é que a cultura científica escolar é parte de uma transposição dos resultados/conhecimentos atingidos pela cultura científica² e, por isso, compreendemos a necessidade de tornar menor a distância existente entre ambas às culturas. Sobre isso concordamos que:

Não se trata de pensar em desenvolver a cultura científica entre os estudantes, que se encontram em uma cultura escolar. Trata-se de conceber uma cultura científica escolar que influenciaria a constituição de normas e de práticas em sala de aula que atendessem não apenas a regras que vertem e regem as situações didáticas, mas um conjunto de normas e práticas escolares próprias e adequadas às aulas de ciências da natureza explicitando esse hibridismo. (SASSERON, 2015, p.62).

² “Podemos conceber a cultura científica como o conjunto de ações e de comportamentos envolvidos na atividade de investigação e divulgação de um novo conhecimento sobre o mundo natural.” (SASSERON, 2015, p.55).

Uma possível solução apontada pelas autoras para a problemática é a aproximação dos estudantes a normas e práticas sociais da cultura científica escolar, incentivando o desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas. Ampliaremos essa discussão na seção 2.4 PRÁTICAS EPISTÊMICAS E CIENTÍFICAS NO DESENVOLVIMENTO DA SEI.

2.1 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A SEI

Falar em ensino por investigação é falar sobre a construção de conhecimento por intermédio de problematizações em que estudantes, suportados por seus professores, são agentes ativos do processo. O papel do professor é apresentar uma postura que se preocupe com “a liberdade intelectual do estudante, levando-os a trabalhar como um verdadeiro investigador” (SILVA JUNIOR; COELHO, 2020, p. 54). Neste sentido, o ensino por investigação se caracteriza pelo desenvolvimento de atividades escolares centradas nos estudantes, de modo que essas possam propiciar ações como argumentações e questionamentos para além da manipulação e observação de objetos. O professor, nesse ambiente educativo, tenta promover um ambiente aberto as interações para solucionar problemas (BARCELLOS et. al, 2019). Isso significa “que um ensino investigativo vai muito além das atividades investigativas escritas para os alunos” (CARVALHO, 2018, p. 767)

O ensino por investigação perpassa por uma concepção de educação científica que se aproxima do fazer científico e de certa maneira, aproxima a cultura escolar (estudar os conteúdos de ciências) da cultura científica (estudar/compreender sobre ciência). Estudos acerca dessa abordagem sinalizam que é necessário estimular o ensino mais interativo, aberto a dialogicidade e incorporado com situações (atividades) que tenham a capacidade de engajar os estudantes a construir explicações científicas que sobressaiam os discursos de autoridades de professores (MUNFORD e LIMA, 2007). Seguindo essa mesma perspectiva, concordamos com Sasseron (2010, p.9) quando nos diz que:

[...] ensinar Ciências e, em especial, a Física, deixa de ser a mera apresentação de conceitos e fórmulas e passa a ser esperado um processo em que os estudantes engajem-se na construção de seus conhecimentos, investigando situações, coletando dados, levantando hipóteses, debatendo em busca de padrões que possam gerar uma

explicação e propondo modelos explicativos. Ao mesmo tempo, propiciando e permitindo o trabalho em grupo, aspectos da formação da autonomia moral receberão atenção, bem como instâncias ligadas aos modos de agir frente problemas.

Deste modo compreendemos que o ensino por investigação propicia meios de estudar ciências, sobretudo a física, de forma a romper com o ensino diretivo, mantendo vínculo com as práticas e normas típicas da ciência e novos modos de interação entre professores e alunos.

Contudo, Sasseron (2015) salienta que o ensino por investigação extrapola os limites de uma metodologia de ensino adequada somente para conteúdos específicos. Para a autora, o ensino por investigação pode ser assumido em diversos tipos de aulas, desde que o processo de investigação seja colocado em prática. Isso sustenta o fato de assumirmos o ensino por investigação como uma abordagem didática³ e não como um método, pois pode ser articulada a outras estratégias de ensino. O professor é elemento fundamental para o desenvolvimento dessa abordagem didática porque sua postura influencia no desenvolvimento do processo educativo, e conforme as problematizações são apresentadas, a condução da aula deve engajar os discentes na participação da construção do conhecimento na sala de aula. É esperado que nessa abordagem os estudantes interajam uns com os outros, com diferentes ideias, com materiais disponíveis (experimentos, textos, imagens, vídeos, entre outros) e com o professor.

Carvalho (2011) ressalta a importância do planejamento para o desenvolvimento de atividades com essa natureza para que de fato haja a construção de conhecimento por meio da socialização de saberes entre alunos e professor. O conjunto de atividades que assumem a abordagem do ensino por investigação é chamada pela autora de Sequência de Ensino Investigativa

³ O ensino por investigação é uma abordagem didática articulada a uma concepção de educação democrática e de ciência como empreendimento público que busca aproximar a aprendizagem em ciências das práticas, normas e linguagem da ciência por meio de atividades problematizadoras que buscam o desenvolvimento da autonomia discente e os insere em um novo contexto discursivo e em outro modo de pensar: que é o modo de pensar da ciência (NASCIMENTO; SASSERON, 2019; SILVA JUNIOR; COELHO, 2020).

(SEI). A autora destaca quatro pontos de suma importância que fundamentam uma SEI, sendo eles: (i) problema de investigação; (ii) a mudança de postura do aluno, ampliando a autonomia intelectual no processo de ensino e aprendizagem; (iii) a tomada de consciência (das ações e explicações) dos estudantes durante a atividade, a partir das interações verbais estabelecidas com os outros colegas e com professor; e (iv) as etapas das explicações científicas. Nessa fase os estudantes já construíram suas hipóteses e as testaram e tentam evidenciar as explicações de fenômenos para a resolução do problema proposto.

Para o desenvolvimento de uma SEI é relevante levar em consideração que nossos alunos estão em um meio social, que é a escola, e que esse espaço formal de educação permite que esses sujeitos socializem uns com os outros e com os professores. Levando isso em consideração, Carvalho (2011) apresenta oito tópicos que auxiliam o professor nessa interação social com os alunos durante a mediação das atividades investigativas e também no planejamento da SEI, são eles: (i) atuação interativa dos estudantes; (ii) interação entre os alunos; (iii) professor questionador; (iv) um lugar de incentivo a participação dos discentes; (v) o aproveitamento dos conhecimentos prévios dos alunos para o ensino; (vi) assunto (conteúdo) significativo; (vii) proximidade com a ciência, tecnologia e sociedade; e (viii) a ressignificação de linguagens cotidiana com a linguagem científica.

Tudo isso significa que uma SEI precisa trazer condições para construção do conhecimento atrelada às interações sociais aos sujeitos envolvidos, sendo eles alunos e professor. Essas condições são iniciadas por meio da proposição de uma situação-problema pelo professor. Esperamos com essa ação promover maior engajamento dos alunos nesse processo de construção. Nesse cenário, é tarefa do professor fazer a mediação de ideias trazidas pelos alunos e os auxiliar na reconstrução de sentidos e assim, ampliarem a compressão dos conceitos científicos.

Contudo, não consideramos essa sequência como um método de ensino, porque o desenvolvimento de uma SEI não dependerá apenas da forma como

é planejada e organizada, mas também como a mediação pedagógica é estabelecida. Solino e Sasseron (2018) avançam nessa questão ao afirmarem que desenvolver atividades escolares na perspectiva do ensino por investigação é promover o pensamento crítico e científico de maneira distante da mediação normalmente feita em sala de aula, isto é:

Visa superar o modelo de educação propedêutica, baseada na transmissão de conteúdos isolados e desconexos do seu processo de produção e possibilitar a inserção dos estudantes na cultura científica, a partir da apropriação e manejo das práticas utilizadas pela ciência, tais como: pensar logicamente, observar, coletar e analisar dados, refletir e argumentar, comunicar ideias e avaliá-las, entre outras (SOLINO; SASSERON, 2018, p. 105).

Isso indica que “assumir o ensino por investigação como abordagem no contexto da educação científica requer do professorado uma nova profissionalidade” (COELHO; AMBRÓSIO, 2019, p. 496).

2.2 AMPLIANDO DISCUSSÕES SOBRE CONSTRUÇÃO, VALIDAÇÃO E MEDIAÇÃO DE UMA SEI

Podemos pensar a SEI como uma Sequência Didática (SD) que é estruturada por um conjunto de atividades planejadas (sob o enfoque do ensino por investigação) que são desenvolvidas no âmbito escolar com o objetivo de criar possibilidades de aprendizagem de estudantes sobre determinada temática.

O fato é que as sequências de ensino são, normalmente, pensadas e elaboradas pelo próprio professor que irá desenvolvê-las em sala de aula. Mas, como saber se a proposta de ensino que preparamos é realmente um potencial instrumento da construção de saberes dos estudantes que irão vivenciá-la?

Guimarães e Giordan (2013) propõe uma representação esquematizada de elementos necessários para constituir uma SD. A apresentação do esquema facilita o entendimento sobre o processo EAR proposto pelos autores. A sigla EAR significa *elaboração, aplicação e reelaboração* e são fases do processo de validação.

A fase de elaboração consiste na etapa de construção da sequência. A construção deve ser fundamentada em referencial teórico que oriente a prática

docente e as estratégias/métodos de ensino do professor. A fase de aplicação se divide em quatro etapas, sendo três etapas iniciais de validação *a priori* e a quarta etapa consiste na própria aplicação da sequência. As validações são feitas por meio de um instrumento de validação específico. A terceira e última fase, trata-se de um exercício reflexivo do professor, e que para isso, deve ser levado em consideração as outras fases de validação do processo (elaboração e aplicação). Com essas informações, torna-se possível reestruturar a sequência no sentido de ressignificar o material instrucional levando em consideração a concepção teórico-metodológica assumida e oportuniza o desenvolvimento da prática docente de quem elaborou e desenvolveu a SD na sala de aula. Todas essas etapas podem ser compreendidas ao analisarmos o esquema da figura 4.

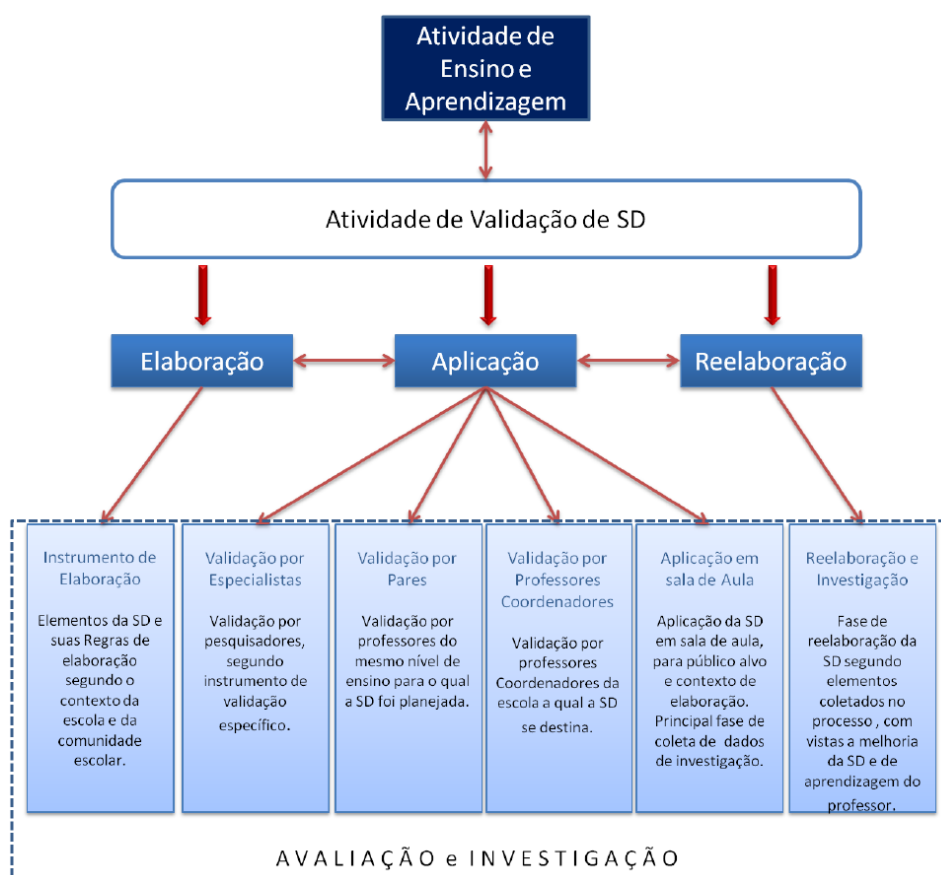


Figura 4: Representação esquemática das fases que compõem cada uma das fases do processo EAR.

Fonte: Guimarães e Giordan, 2013.

Compreendemos que no momento de validação de uma sequência o professor se propõe a ressignificar sua proposta de ensino a partir das ideias e colaborações de outros professores (pares). Esse movimento é importante se assumirmos que essa prática reflexiva consequentemente interferirá positivamente em sua prática docente. Contudo, será que o processo EAR proposto para uma SD pode nos auxiliar na construção e validação de uma SEI?

Em nosso entendimento, a SEI é um conjunto de aulas/atividades previamente planejadas voltadas para o contexto escolar e que aborda o ensino por investigação como lente teórica de ensino. Nessa perspectiva assumimos a SEI com uma SD e nos apropriamos do modo de validação proposto por Guimarães e Giordan (2013).

Ao estudar as fases do processo EAR identificamos etapas de um processo que pode auxiliar no desenvolvimento de uma SEI como, por exemplo, a validação por especialistas e a reflexão pós-aplicação. Importantíssimo ressaltar que no ensino por investigação a reflexão sobre a mediação tem um papel fundamental para o desenvolvimento da SEI.

Desse modo, concordamos com as ideias de Guimarães e Giordan (2013, p. 8) ao afirmarem que “o processo EAR deve oferecer novas contribuições às pesquisas sobre de processos e materiais educativos”. Consideramos que cada fase do processo EAR é essencial para compreensão mais ampla e planejamento da sequência, à vista disso, buscamos ampliar a discussão do processo EAR para a SEI. Nesse sentido, alguns ajustes precisam ser feitos, como por exemplo, a reflexão sobre a mediação do professor, pois uma postura pedagógica que promova a interação e a dialogicidade são essenciais nessa abordagem.

A escassez de ferramentas que auxiliam na construção e validação de uma SEI de forma sistematizada torna, em nosso entendimento, a ampliação dessas ideias pertinentes. Muito importante destacar que em nosso entendimento só podemos afirmar se uma aula foi (ou não) investigativa após a análise cuidadosa dessa aula, desse modo, nosso objetivo ao propor um novo olhar sobre a construção e validação da SEI de forma sistematizada é buscar indícios de que as atividades propostas possuem características típicas do ensino por investigação e, principalmente, analisar/discutir a mediação do professor.

Nos apropriamos do processo de construção e validação da SEI, e o dividimos em três fases: a fase da elaboração, aplicação e reelaboração, assim como o processo EAR proposto por Guimarães e Giordan (2013).

A principal diferença que podemos apontar entre os processos acontece nas fases de validação. No processo EAR (GUIMARÃES; GIODAN, 2013) as validações acontecem com uma ferramenta específica (proposta pelos autores) com o foco nas atividades que serão desenvolvidas na SD, em contrapartida, no processo que propomos a validação é feita por uma ferramenta que leva em consideração as características do ensino por investigação como referência, mas o foco não é a atividade em si, e sim a mediação ocorrida durante a atividade. Nesse sentido, ressaltamos a importância da abordagem investigativa para além da fase de planejamento de atividades.

No caso da SEI entendemos que na fase da elaboração devemos escolher referenciais teóricos que embasam o ensino por investigação, escolher um tema central (temática, conteúdo) para a sequência e criar situações-problema (experimentais ou não experimentais) para cada aula da sequência definindo os recursos necessários (textos, vídeos, figuras, projeções, reportagens, experimentos, entre outros).

Na fase da aplicação são propostos dois momentos de validação: um *a priori* e outro de desenvolvimento de atividade piloto. A primeira validação deve ser feita por especialistas (entre os pares), ou seja, pessoas que tenham conhecimento sobre o ensino por investigação, sobre a temática escolhida e lecionam para estudantes do mesmo nível de aplicação da SEI. Além da validação por especialistas também é proposto uma validação feita pela escola, por exemplo, pela equipe pedagógica e/ou coordenadores de área de conhecimento. Essas validações devem ser feitas por meio de comentários e sugestões, ou por meio de uma ferramenta mais estruturada para tal. Ainda na fase da aplicação, o professor pode escolher uma das aulas da sequência para desenvolvê-la como atividade piloto e coletar dados como áudios ou vídeos. Essas informações serão fundamentais para a próxima fase do processo.

Por fim, na fase de reelaboração a SEI passa novamente por uma validação por especialistas e por pares (preferencialmente os mesmos da fase da aplicação). Baseados no desenvolvimento da atividade piloto (por meio dos dados), a validação não é feita apenas com o direcionamento na estrutura e planejamento da atividade, mas principalmente na abordagem feita pelo professor, pois assumimos que o ensino por investigação exige essa mudança de postura docente. É nesse momento do processo (reelaboração) que buscamos na SEI momentos de problematização, levantamento de hipóteses, coleta de dados, sistematização e socialização do conhecimento. Após esse momento de validação *posteriori* ou revalidação, o professor tem a oportunidade de reelaborar sua SEI (as atividades propostas) e a oportunidade de analisar sua postura na mediação pedagógica ancorada nos pressupostos do ensino por investigação.

Para melhor entendimento da discussão que apresentamos, propomos um esquema muito semelhante ao de Guimarães e Giordan (2013), porém, com o foco em uma SEI.

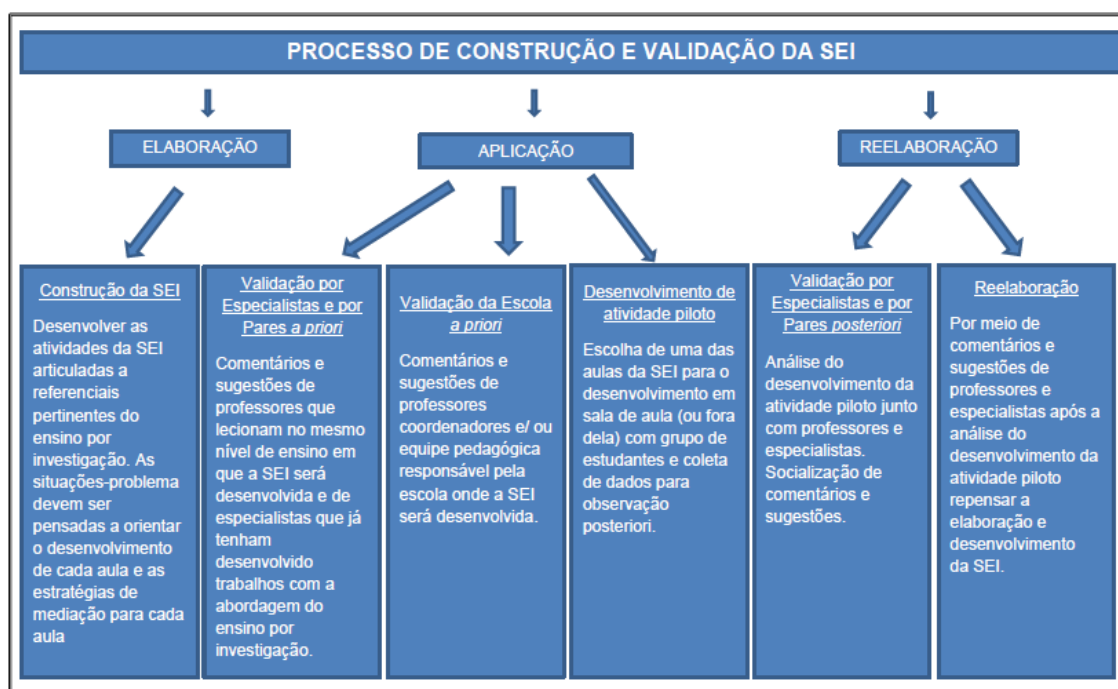


Figura 5: Proposta de processo de construção e validação de SEI inspirada no processo EAR proposto por Guimarães e Giordan (2013).

Fonte: Próprios autores.

Contudo, por considerarmos o ensino por investigação uma abordagem e não um método de ensino, não afirmamos que exista um passo a passo de “como fazer”⁴ uma aula investigativa, portanto, o que propomos acima é um passo a passo do planejamento de uma SEI, de modo que esta sequência se aproxime ao máximo do que entendemos sobre o ensino por investigação.

Assumimos que para afirmarmos que uma aula se configure como investigativa, devemos analisá-la após sua realização, isso porque é preciso constituir evidências que houve problematização, participação dos estudantes por meio do levantamento de hipóteses, resolução da situação-problema e sistematização do conhecimento, desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas, compartilhamento da autoridade epistêmica pelo professor, entre outros aspectos fundantes da abordagem. Tudo isso significa que analisar uma aula investigativa compreende a análise de todo processo desde sua

⁴ O termo “como fazer” surgiu na discussão do *Grupo de pesquisa formação docente, linguagem e cultura em educação em Ciências* (GPFEC), da Universidade Federal do Espírito Santo. A discussão se passava na dificuldade de realizar aulas investigativas uma vez que a teoria já estivesse compreendida. Como fazer, se não consideramos que é um método?

elaboração até o seu desenvolvimento. Nesse desenvolvimento o foco está na mediação realizada pelo professor, levando em consideração as abordagens comunicativas e interações estabelecidas, os modos como os meios mediacionais⁵ são usados em todo processo.

Nessa perspectiva, a discussão do “como fazer” de uma aula investigativa é muito mais ampla do que unicamente seu planejamento e nos apoiamos nas ideias de Coelho e Ambrósio (2019, p. 498) quando afirmam que ao desenvolver uma aula investigativa “almeja-se o engajamento dos alunos no processo de resolução de situações-problema aproximando-os de práticas típicas do processo de construção de conhecimento da comunidade científica.”

Nesse mesmo sentido, entendemos o professor, e sua mediação tem papel primordial nesse processo de enculturação científica. A mediação pode ser analisada pela ferramenta analítica proposta por Coelho e Ambrósio (2019).

⁵ Reconhecemos que a mediação do professor não se desenvolve de forma isolada, mas sempre na tensão irreduzível entre agente-meio mediacional (Wertsch, 1998). Os meios mediacionais correspondem às diferentes ferramentas culturais ou instrumentos utilizados na ação mediada, nesse caso a SEI e as atividades que a compõe (linguagem, textos, experimentos, vídeos).

	Natureza da aula	Contextualização	Situação-problema	Levantamento de hipóteses	Estratégia para resolução da situação-problema	Análise dos Resultados	Sistematização	Grau
1	Aula diretiva não contextualizada	Não	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	0
2	Aula diretiva não Contextualizada (inicia processo interativo)	Não	Sim. P	Sim. P	Sim. P, A	Sim. P	Sim. P	1
3	Aula interativa	Não	Sim. P	Sim. P, A	Sim. P, A	Sim. P, A	Sim. P	2
4	Aula interativa dialógica	Não	Sim. P	Sim. A-P	Sim. A-P	Sim. A-P	Sim. P	3
5	Aula investigativa						Sim. P(A)	3
6	Aula diretiva Contextualizada	Sim. P	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	0
7	Aula diretiva contextualizada (inicia processo interativo)	Sim. P	Sim. P	Sim. P	Sim. P, A	Sim. P	Sim. P	1
8	Aula contextualizada interativa	Sim. P	Sim. P	Sim. P, A	Sim. P, A	Sim. P, A	Sim. P	2
9	Aula interativa dialógica (abordagem problematizadora)	Sim. P	Sim. P	Sim. A-P	Sim. A-P	Sim. A-P	Sim. P	3
10	Investigativa (articulada a abordagem CTS/temática)						Sim. P(A)	3

Figura 6: Ferramenta para análise de aulas investigativas.

Fonte: Coelho e Ambrósio, 2019.

A ferramenta analítica auxilia o processo de construção, análise e reflexão da prática em aulas investigativas. Embora a ferramenta tenha sido construída no contexto do programa Residência Pedagógica, cujo objetivo foi evidenciar a importância da reflexão da prática para a formação docente de licenciados em Física, consideramos que ela pode nos auxiliar também na compreensão da configuração de aulas investigativas a partir de análises da mediação pedagógica. Concordamos com os autores quando afirmam que:

[...] ao concebermos o ensino por investigação como uma postura pedagógica e não como um método a ser aplicado, estamos destacando a importância da mediação balizada por uma situação-problema possibilitar a criação de um ambiente investigativo em sala de aula tornando-a um espaço no qual os estudantes podem compartilhar experiências, informações e saberes uns com os outros e com o professor (COELHO e AMBRÓSIO, 2019 p. 496).

Dessa forma, compreendermos que o “como fazer” de aulas investigativas está fortemente ancorado a duas partes igualmente importantes e inseparáveis que são: o “como fazer” planejamento e o “como fazer” mediar.

Assim, nos apoiaremos nas ideias de Coelho e Ambrósio (2019) para compreender a mediação pedagógica almejada no ensino por investigação. Observando a ferramenta apresentada na Figura 6 entendemos que os autores configuram dois tipos de aula como investigativas, e essas aulas estão representadas na quinta e décima linha. No caso da quinta linha, a aula é caracterizada como investigativa, enquanto na décima linha, a aula é caracterizada como investigativa articulada com abordagem CTS/temática.

A construção da ferramenta analítica foi fundamentada nas ideias de referenciais teóricos que discutem a educação científica (BARCELLOS *et al.*, 2019; CARVALHO, 2018; CARDOSO; SCARPA, 2018; SÁ *et al.*, 2007; MORTIMER; SCOTT, 2002) e passou um processo de elaboração coletiva.

A análise se dá por meio da comparação de uma das linhas coloridas com as colunas (problematização, levantamentos de hipóteses, estratégias para resolução da situação-problema, análises de dados e sistematização), levando em consideração os índices A; P; P, A; A-P; P(A), que simbolizam por quem é feita e como se dá a interação/mediação no desenvolvimento da atividade investigativa. A saber,

A Representa os alunos

P Representa Professor

P, A Sinaliza para aula centrada no discurso do Professor com momentos de interação com os estudantes (MORTIMER; SCOTT, 2002). Essa interação é fundamentada em respostas de confirmação de uma ideia do professor ou pela possibilidade de introduzir ideias/palavras para complementar o seu discurso (mediação centrada em questões diretas que permitem uma única resposta ou de preenchimento de lacunas). Para introdução de novas palavras/conceitos na sala de aula e no momento de sistematização do professor pode prevalecer esse tipo de discurso.

A-P Sinaliza para dimensão dialógica na sala de aula, com maior investimento intelectual do estudante nas atividades didáticas propostas. Alunos e professores exploram ideias, formularam perguntas autênticas, consideram e trabalham diferentes pontos de vista (MORTIMER; SCOTT, 2002). Essa é uma dimensão fundamental no ensino por investigação (ou em qualquer abordagem problematizadora) visto que professor e alunos compartilham a responsabilidade de construir conhecimento científico na sala de aula.

P(A) O professor realiza a sistematização da aula (encerra a discussão para significar as compreensões sobre os conceitos foco

da atividade e até mesmo para introduzir uma nova palavra/conceito na sala de aula) levando em consideração as ideias que circularam no plano social da sala de aula (BARCELLOS et al., 2019).

Grau Está relacionado ao envolvimento intelectual de alunos no processo de ensino e aprendizagem. É uma variável que está associada à participação/engajamento intelectual do estudante no processo de construção de conhecimento científico na sala de aula (CARVALHO, 2018). (COELHO; AMBRÓSIO, 2019, p. 501).

Seguindo essas ideias, compreendemos que para configurar uma aula como investigativa é necessário analisá-la e encontrar as características de atividades investigativas e os elementos de mediação, sendo estes: (i) contextualização feita pelo professor (essa pode também não existir em uma aula investigativa), (ii) problematização feita pelo professor, (iii) levantamento de hipóteses pelos alunos para a resolução da situação problema por meio do diálogo com professor apresentando corresponsabilidade no processo de construção do conhecimento científico em sala de aula, (iv) levantamento de estratégias para a resolução do problema por meio da dialogicidade entre alunos e com o professor, com maior participação intelectual dos estudantes, (v) análise de dados construídos durante a aula pelos alunos por meio da discussão com o professor que explora ideias, reformula perguntas, e (vi) a sistematização é feita pelo professor encerrando a discussão e ressignificando o que foi discutido pelos alunos (e com os alunos) durante aula. A última coluna da ferramenta classifica o grau de liberdade da aula, que para os autores relaciona o “envolvimento intelectual de alunos no processo de ensino e aprendizagem” (COELHO e AMBRÓSIO, 2019, p. 501).

Isso sinaliza que o engajamento disciplinar produtivo⁶ resultante do envolvimento dos estudantes com as atividades, juntamente com o suporte adequado do professor durante o desenvolvimento da aula, é essencial para que o ambiente se torne investigativo e, com isso, haja a aproximação dos estudantes da cultura científica em que as respostas não estão prontas, e que elas precisam ser construídas naquele grupo social.

⁶ Consideramos aqui o engajamento disciplinar produtivo que “expressa a construção de entendimento sobre conceitos e práticas realizadas pelos estudantes” (SASSERON; SOUZA, 2019, p. 142).

2.3 A COMPREENSÃO DOS SENTIDOS PRODUZIDOS POR ESTUDANTES

Crepalde e Aguiar Jr (2013) se baseiam em Vigotski (1996; 2000; 2004; 2007; 2009) e Bakhtin (2010; 2011) para afirmar que o conceito é uma generalização, isto é, existem muitos sentidos (entendimentos) em torno de uma palavra enunciada. Em nosso entendimento, os autores sinalizam para o fato de a compreensão ser um movimento entre a palavra dita e a palavra pensada, de modo que uma palavra dita sem a compreensão da tal é apenas uma palavra verbalizada.

Nessa perspectiva, compreendemos a pertinência em buscar sentido nas palavras ditas por estudantes durante a realização de atividades investigativas. Supomos que em alguns momentos os estudantes não trazem em suas falas conceitos científicos (apesar de estarem em uma aula de ciências), e se os trazem, pode ser de forma vazia e sem compreensão, como faz um papagaio. Por características próprias, as atividades investigativas estimulam os estudantes à exposição de suas ideias e levantamento de hipóteses para a resolução de situações-problema.

Nesse movimento, o conceito científico vai tomando forma não apenas verbalizada, mas principalmente pensada e recriada, contemplando desse modo, uma ascensão do abstrato ao concreto. A ideia não é que os estudantes abandonem suas ideias e pensamentos em uma falsa impressão de evolução, mas que passem por um processo de reconstrução dos próprios pensamentos e palavras. Nas palavras dos próprios autores:

[...] a apropriação do conceito científico se realiza no retorno, em um patamar mais elevado de elaboração conceitual, ao concreto, o que implica uma passagem do concreto dado ao concreto pensado e recriado (CREPALDE e AGUIAR JR, 2013, p. 299).

Apesar das diferenças entre o conhecimento espontâneo e o científico, não afirmamos que haja etapas de evolução entre esses conhecimentos. Apostamos na reconstrução de sentidos para maior generalização dos conceitos, a qual proporciona uma maior compreensão do que se diz. Estamos de acordo com as ideias de Crepalde e Aguiar Jr (2013, p. 322), quando dizem

a respeito das diferenças entre as culturas cotidiana e científica, que “o cotidiano e o científico fazem conexões, desconexões, se respeitam e desrespeitam, estabelecem monólogos e diálogos, são dependentes e independentes”. Isto é, sujeitos podem produzir novos sentidos, na busca de significados, sem abandonar seu conhecimento anterior.

Sobre as diferenças entre sentido e significado nos apoiamos nas ideias de Pereira (2020), que assume diferentes conceitos para esses termos. A autora problematiza que o conceito de sentido diverge das definições que encontramos no dicionário, bem como o conceito de significado. Reconhecemos que sentidos e significados representam para nós saberes diferentes. O significado é construído e concordado em comunidade específica, a comunidade científica, e apesar de passar por mudanças com o decorrer do tempo, expressa a significação para aquela cultura. Por outro lado, o sentido representa o que são tais significados para um determinado sujeito, ou seja, tem um caráter pessoal (PEREIRA, 2020).

Sem ser reducionista, o sentido é o que se entende/apropria/utiliza (ou não) do significado, e esse sentido apesar de ser pessoal, também está em constante transformação, pois os sujeitos estão em constantes experiências. Quando pensamos nessas diferenças incorporadas em atividades desenvolvidas em sala de aula estamos de acordo que:

Um Ensino de Física baseado em mediações como transmissão de conhecimentos descontextualizados; matematização sem justificativa; afirmações categóricas sobre os conhecimentos científicos; pouca consideração da realidade estudantil e escolar e pequena ou nenhuma participação dos alunos no processo mantém os significados já tradicionalmente difundidos para o Ensino de Física e pode não colaborar para a atribuição de sentidos novos pelos estudantes. (PEREIRA, 2020, p. 4).

Em uma pesquisa empírica Trazzi e Oliveira (2016) concluem que quando os estudantes se apropriam do conceito científico (significado) o desenvolvimento desse conceito não chegou ao fim, ao contrário, ele está apenas começando a ganhar vida e o estudante precisa de tempo para se apropriar dele (TRAZZI; OLIVEIRA, 2016). Sobretudo:

é importante ressaltar que os momentos iniciais de formação tanto dos conceitos científicos quanto dos espontâneos são distintos. O caminho da formação dos conceitos espontâneos segue uma via do objeto para o conceito e, na formação dos conceitos científicos, o caminho é inverso: do conceito para o objeto (TRAZZI; OLIVEIRA, 2016, p. 89).

A respeito disso, Crepalde e Aguiar Jr (2013) chamam esse movimento (de via mão dupla entre conceito e objeto) de ascensão do abstrato ao concreto, não em uma perspectiva materialista ou evolucionista de conceitos, mas de repovoação de sentidos apresentados algumas vezes, na prática educativa, por meio de discursos híbridos com conceitos cotidianos e científicos.

Então, o que queremos com essa discussão? O que queremos dizer é que ao falar dos sentidos produzidos por estudantes, não estamos mencionando a substituição de pensamentos espontâneos por científicos, estamos dimensionando a compreensão dos vários sentidos que podem ter uma palavra ou conceito, compartilhada por esses estudantes. Portanto, para nós, a importância está em reconstruir novos sentidos, e não em eliminar conceitos espontâneos (sentidos) para aquisição imediata de conceitos científicos (significados).

2.4 PRÁTICAS EPISTÊMICAS E CIENTÍFICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A construção do conhecimento científico está longe de ser algo trivial. As leis, teorias e postulados os quais nos auxiliam no entendimento e na leitura do mundo passaram por longos processos de construção, testes e validação até serem consolidados e chegarem aos livros e revistas científicas. Isso nos leva a refletir em como a história/processo da construção da ciência é abordada nas aulas de ciências. O que levamos de ciência para salas de aulas além do conteúdo? Não estamos falando de experimentos ou aulas diferenciadas com uso metodologias ativas, estamos problematizando o que se tem de fazer ciência nas aulas de ciências? Será que nossos alunos compreendem como tal conhecimento científico, que às vezes chamamos de conteúdo escolar, foi produzido? Ouso em dizer que não, para muitos deles. Como justificamos no início desse parágrafo, esse fato não é algo trivial.

Para além dessa problemática, devemos recordar que vivemos em uma época em que a informação, para muitas pessoas, é de fácil acesso por meio dos vários meios de comunicação, como por exemplo, a internet. Esse fato possibilita que informação e conhecimento científico sejam confundidos (SASSERON, 2019). Isso releva a importância de pensarmos na geração de estudantes que estamos lidando. Como podemos, como professores, combater e resistir a uma visão tão distorcida da ciência, ou seja, uma ciência alcançada apenas pela informação? Seja na escola ou na internet.

Na contramão dessa tendência compreendemos que o desenvolvimento de práticas típicas da ciência pode aproximar as culturas escolar e científica. Assumiremos que tais práticas que possibilitam esse processo de enculturação são as práticas chamadas de epistêmicas e científicas.

Referenciais teóricos como Sasseron (2018; 2019), Sasseron e Duschul (2016), Solino, Ferraz e Sasseron (2015) e Silva (2009) dão ênfase a pertinência de identificar práticas típicas da cultura científica durante a realização de atividades escolares. Os autores afirmam que o desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas podem aproximar as culturas escolar e científica e, portanto, auxiliar estudantes a pensar sobre suas ações e tomadas de decisões para além do conteúdo escolar.

Nos apropriamos das discussões apresentadas por Silva (2009) e Sasseron e Duschul (2016) apoiados nas ideias de Kelly e Duschul (2002) e Kelly (2008), respectivamente, sobre a compreensão de práticas epistêmicas. Os autores propõem que as práticas epistêmicas são práticas presentes principalmente na comunidade científica, sendo elas: a proposição, comunicação, avaliação e legitimação de ideais, isto é, são práticas comumente desenvolvidas em um processo cuja ação é produzir, comunicar e avaliar do conhecimento científico.

Nessa perspectiva, do entendimento do que são as práticas epistêmicas, percebemos que:

[...] elas não são transmitidas ou meramente executadas: as práticas epistêmicas são acessadas e desenvolvidas pela e na interação, em contextos, a partir deles e devido aos objetivos construídos, sendo resultado e consequência de ações realizadas para propor e avaliar ideias sobre situações (SASSERON, 2019, p. 566).

Para nós, isso significa que as práticas epistêmicas estão diretamente conectadas ao processo da construção do conhecimento científico. O desenvolvimento dessas práticas em sala de aula é importante, pois incentiva os estudantes a dissociar a ideia de que a ciência é um montante de conhecimento a qual devemos “absorver” informações sem se preocupar em como tal conhecimento científico foi construído, e ao contrário disso as práticas epistêmicas permitem o envolvimento de estudantes com atividades características das ciências da natureza (SASSERON, 2019).

Deste modo, assumimos que além de uma maior compressão do fazer científico, o incentivo e desenvolvimento de práticas epistêmicas (propor, comunicar e avaliar) em aulas de ciências “permite que os estudantes dos dias atuais possam estar menos propensos a aceitar as falsas notícias, travestidas de verdades absolutas e, por isso, vendidas como irrefutáveis.” (SASSERON, 2019, p. 566).

Com relação às práticas científicas nos apoiamos nas ideias de Solino, Ferraz e Sasseron (2015), Sasseron (2015; 2018) e Sasseron e Carvalho (2008), que assumem as práticas científicas como ações típicas da cultura científica como: o trabalho com novas informações, o levantamento e teste de hipóteses, a construção de explicações, a elaboração de explicações, limites e previsões de explicações.

Importante ressaltar que apesar de terem características diferentes, ambas ocorrem ao mesmo tempo. Deste modo, assumimos que há uma interdependência entre as práticas. Estamos de acordo que:

[...] as práticas científicas representam ações direcionadas à resolução de problemas, enquanto as práticas epistêmicas associam-se a aspectos metacognitivos da construção de entendimento e de

ideias sobre fenômenos e situações em investigação (SASSERON, 2019, p. 3).

Baseados nas ideias apresentadas por Sasseron (2018), apresentamos um quadro que sintetiza as práticas epistêmicas e científicas e auxiliam numa maior compressão das características de cada prática. Em seguida apresentamos nosso entendimento sobre cada prática apresentada no quadro.

Quadro1: Ideias de Sasseron (2018) de forma sintetizada sobre as práticas epistêmicas e científicas.

CARACTERÍSTICAS DE PRÁTICAS TÍPICAS DA CULTURA CIENTÍFICA: AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS E CIENTÍFICAS
Práticas epistêmicas (PE): Proposição de ideias (PE1); Comunicação de ideias (PE2); Avaliação de ideias (PE3). Legitimação de ideias (PE4)
Práticas Científicas (PC): Trabalho com novas informações (PC1); Levantamento e teste de hipóteses (PC2); Construção de explicações e elaborações de justificativas, limites e previsões das explicações (PC3).

Fonte: Sasseron, 2018.

Embasados nos estudos teóricos (SILVA (2009); SASSERON; DUSCHL (2016); SASSERON (2018)) sobre a identificação de práticas típicas na cultura científica, manifestamos nosso entendimento sobre cada uma das práticas apresentadas no quadro durante a realização de atividades de cunho investigativas, sendo elas:

PE1 (Proposição de ideias): quando os estudantes refletem sobre o fenômeno/problema em estudo e atribuem sentido (seja de concordância ou discordância) e propõe outras situações similares para justificar seus pensamentos.

PE2 (Comunicação de ideias): quando o estudante extrapola a reflexão e manifesta seu pensamento para demais pessoas presentes na forma oral ou escrita.

PE3 (Avaliação de ideias): os estudantes avaliam por meio de questionamentos, analogias, análises empíricas, comparações ancoradas em referenciais pertinentes se o discurso que perpassa as proposições e comunicações de ideias tem validade ou sentido.

PE4 (Legitimação de ideias): os estudantes analisam as ideias de forma mais ampla extrapolando a problematização inicial e trazendo outras situações (novos pontos de vista) para relacionar com o que já foi discutido inicialmente e justificar a validade das ideias apresentadas. A legitimação tem um caráter de sustentação de uma ideia no decorrer das interações discursivas. Isso acontece, por exemplo, quando uma ideia é retomada por um colega ou pelo professor que passa a utilizá-la para conduzir a discussão.

PC1 (Trabalho com novas informações): os estudantes usam informações que já sabem, ou que lhes foram dadas, ou ainda buscam novas informações para maior compreensão do problema proposto.

PC2 (Levantamento e teste de hipóteses): os estudantes propõem hipóteses em busca da resolução do problema. Testam suas hipóteses (realizando medidas, fazendo comparações ou experimentações, outras formas de fazer testes).

PC3 (Construção de explicações e elaborações de justificativas, limites e previsões das explicações): a partir dos testes das hipóteses os estudantes sistematizam suas discussões e manifestam suas explicações para a resolução do problema com devidas justificativas.

Ao almejarmos o desenvolvimento dessas práticas durante as atividades escolares intensificamos a participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento. Tratando-se de aulas que incorporam a abordagem do ensino por investigação, é importantíssimo que haja a participação e engajamento disciplinar produtivo dos estudantes. Para alcançar esses objetivos, o professor oferece o suporte necessário durante todo o processo de construção, participando das discussões e promovendo a continuidade dos debates entre alunos, pois dessa forma pode promover e sustentar o engajamento. Assim admitimos que:

[...] torna-se imprescindível que a autoridade cognitiva seja distribuída em sala de aula; o que não sugere que o professor deixa de ser responsável pelas ações didático-pedagógicas, mas sim que as ações para a aprendizagem deixam de ser trabalhadas como empreendimentos privado e, por isso, unitários e individuais, e passam a ser concebidas e realizadas como empreendimento público e, portanto, social (SASSERON, 2018, p. 565).

Contudo, o que nos motiva a discutir a identificação tanto das práticas epistêmicas, quanto as científicas durante a realização de uma SEI é o próprio compromisso com o ensino de ciências, por quê:

[...] a construção de entendimentos nas ciências envolve não apenas a busca por informações, mas também porque envolve ações disciplinadas e criativas para realizá-la, aceita novas possibilidades, ainda que discordantes de ideias iniciais, aprecia a análise crítica sempre mantendo pressupostos bem firmados (SASSERON, 2019, p. 564).

Se tratando de aulas de ciências que são direcionadas por uma SEI, devemos levar em consideração que por sua própria essência, a SEI é recheada de problematizações pensadas e planejadas para o desenvolvimento de determinado tema/conteúdo, e, portanto espera-se que haja proposição de hipóteses, comunicação e testes de hipóteses, realização de medidas e simulações (quando for o caso) e, por fim, a validação e socialização de ideias. Ousamos dizer que se não conseguimos identificar práticas epistêmicas e científicas durante a realização de atividades investigativas, precisamos repensar se realmente tal atividade se configura como investigativa.

Importante ressaltar que parte dos referenciais que nos apropriamos tem como público-alvo do ensino fundamental, enquanto isso em nosso trabalho está inserido no contexto do ensino médio. Contudo, não vemos essa diferença de público-alvo como um empecilho para nos apoiarmos nesses referenciais, pois em ambas as discussões, o objetivo é a aproximação da cultura escolar e científica por meio do desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

Nesse capítulo apresentaremos o delineamento metodológico da pesquisa dividido em cinco sessões. Inicialmente, na sessão 3.1., discutimos sobre a pesquisa do tipo intervenção pedagógica fundamentada em Damiani (2012) e Damiani et al. (2013). Organizamos e apresentamos de forma clara e sucinta qual foram os procedimentos metodológicos de nossa pesquisa.

Em seguida, na sessão 3.2., explanamos o contexto escolar em que a intervenção foi realizada e parte dos procedimentos éticos que realizamos. Os tramites burocráticos são necessários por se tratar de uma pesquisa aplicada e com a participação de sujeitos menores de idade.

Na sessão 3.3., discutimos como definimos os objetivos de cada momento da sequência apoiados nas ideias de Silva (2009), Sasseron e Duschl (2016) e Sasseron (2018), e apresentamos a estrutura da SEI, com o máximo de detalhes, que propomos para a intervenção.

Relatamos na sessão 3.4., como foi o desenvolvimento da atividade piloto e sua pertinência para o replanejamento da SEI. Contamos também como escolhemos um centro de ciências para ampliar os espaços educativos nessa proposta didática. Para fomentar essa articulação, utilizamos referencias como Marandino e Contier (2015), Coelho, Breda e Brotto (2016) e Marques e Marandino (2018). Esses autores problematizam e discutem a visitação a espaços de educação não formal como potencial aliada a atividades do contexto escolar.

Finalizamos esse capítulo, na sessão 3.5., com narrativas que contam como foi o desenvolvimento dos momentos da SEI, entretanto, não trazemos ainda nenhum tipo de análise. Para as análises da pesquisa foram selecionados dois momentos da SEI. Os momentos selecionados e a justificativa para a escolha também são apresentados no final dessa sessão.

3.1. A PESQUISA INTERVENTIVA

Para realizar essa pesquisa a assumimos como pesquisa qualitativa e do tipo intervenção pedagógica, isto é, uma pesquisa aplicada e que possui intervenções da professora pesquisadora durante seu desenvolvimento. Essas intervenções devem ser planejadas e baseadas em um referencial teórico de forma que tragam contribuições para o processo de ensino (DAMIANI, 2012).

Partindo desse entendimento, compreendemos que nossa pesquisa se enquadra nesta metodologia, pois o “método das pesquisas do tipo intervenção pedagógica envolve planejamento e implementação de uma interferência e a avaliação de seus efeitos” (DAMIANI et al. , 2013, p. 62), que é justamente o que almejamos nesse trabalho.

Como características das pesquisas interventivas podemos destacar que elas: (i) são aplicáveis, (ii) analisam práticas pedagógicas em busca de melhorias, mudanças e/ou inovações, (iii) utiliza dados criados e (iv) analisam os sentidos surgidos a partir das práticas (DAMIANI, 2012).

Damiani et al. (2013) nos atenta que as pesquisas do tipo intervenção pedagógica se aproximam de uma pesquisa-ação por possuírem o mesmo caráter investigativo, dialogarem com um referencial teórico e serem praticadas por professores em busca de melhorias/ressignificações para as práticas de ensino. Mas, de acordo com os autores, uma característica que diferencia ambas as pesquisas é a participação que pode se dá desde o planejamento da pesquisa até as interferências realizadas. No caso das pesquisas do tipo interventivas é o professor pesquisador quem planeja e realiza as interferências necessárias para nortear a questão de investigação (baseado em referencial teórico), enquanto na pesquisa-ação tanto o planejamento, quanto as intervenções, são realizadas por todos envolvidos na pesquisa.

Damiani et al. (2013) também problematizam que existem no meio acadêmico alguns conflitos com relação ao entendimento do que são as pesquisas do tipo intervenção pedagógica, e que em alguns casos, pesquisas escritas nessa perspectiva metodológica são confundidas como relatos de experiência. Na

expectativa de minimizar esses conflitos os autores sugerem que os relatórios de pesquisas do tipo intervenção devem:

(...) ser elaborados de tal forma que permitam ao leitor reconhecer suas características investigativas e o rigor com que as pesquisas foram levadas a cabo, para que não sejam confundidas com relatos de experiências pedagógicas. (DAMIANI et al., 2013, p. 60).

Para nós, isso significa que nossa pesquisa precisa ter as características específicas desse tipo de pesquisa, e ser descrita com clareza de detalhes o seu percurso metodológico.

Além das informações sobre o delineamento da pesquisa, os autores salientam a importância de esclarecer meios de procedimentos de análise da intervenção. De acordo com essa metodologia de pesquisa, a avaliação deve ser composta por duas partes, sendo elas: (i) a análise de dados referentes aos efeitos da intervenção sobre os sujeitos envolvidos e (ii) a análise de dados referentes à própria intervenção. Sendo que:

O primeiro grupo de achados volta-se à análise das mudanças observadas nos sujeitos participantes. Os dados referentes a essas mudanças, coletadas com o auxílio de diferentes instrumentos, são examinados à luz do referencial teórico que embasou a intervenção, empregando, quando possível, processos de triangulação⁷ (BAUER & GASKELL, 2002) das informações coletadas por meio dos diferentes instrumentos antes descritos. Os achados relativos aos efeitos da intervenção devem ser expostos por meio de descrições densas e interpretações detalhadas, incluindo exemplos retirados do corpus de dados empíricos (DAMIANI et al., 2013, p. 63).

De modo geral, consideramos que as principais partes referentes a esse tipo de pesquisa diz respeito ao método da intervenção e a apresentação de seus achados (resultados), isto é, o (i) método de ensino propriamente dito baseado em referenciais teóricos e (ii) método de avaliação da intervenção, que concerne na coleta e análises dos dados.

⁷ “Segundo esses autores, a triangulação é um procedimento que favorece a boa prática na pesquisa qualitativa. A triangulação consiste no emprego de diversos métodos, ou teorizações, sobre o mesmo problema, com o propósito de evidenciar contradições a serem documentadas e resolvidas”. (DAMIANI et al. , 2013, p. 63).

3.1.1. O método da intervenção

No caso de nossa pesquisa, não aplicaremos um método de ensino, utilizaremos como intervenção *interações didáticas ou material didático* que compõe uma SEI (CARVALHO, 2013). A SEI tem como embasamento teórico o ensino por investigação, que para nós, é uma abordagem de ensino, e por esse motivo não reconhecemos a SEI como um método.

O ensino por investigação e as características das atividades escolares desenvolvidas nessa perspectiva foram apresentadas e discutidas no capítulo 2. (EMBASAMENTO TEÓRICO), mais especificamente na sessão 2.1 (O ensino por investigação e a SEI). O planejamento e elaboração da SEI foram baseados nas discussões apresentadas também no capítulo 2 na sessão 2.2 (Ampliando discussões sobre construção, validação e mediação de uma SEI).

Todavia, entendemos que o fato de não utilizarmos um método não é empecilho para assumirmos a pesquisa como intervenção. Como já mencionado anteriormente, esse tipo de pesquisa busca mudanças e/ou ressignificações das práticas de sala de aula, e quando nos apropriamos da abordagem do ensino por investigação em sala de aula, também visamos esse objetivo por meio das problematizações.

Desde modo, nossos procedimentos metodológicos da intervenção foram desenvolver as seguintes tarefas: (i) planejamento/elaboração de uma SEI; (ii) validação por especialistas e por pares a priori; (iii) validação da escola a priori; (iv) desenvolvimento de uma atividade piloto; (v) validação por especialistas e por pares posteriori; (vi) reelaboração da SEI e (vii) desenvolvimento de toda a SEI com os estudantes.

3.1.2. O método de avaliação da intervenção

Para avaliar/analisar a intervenção utilizamos os dados gerados pela própria intervenção. Esses dados envolvem gravações de áudios e vídeos e as atividades de sistematização realizadas pelos estudantes durante a intervenção.

Para analisar esses achados realizamos a transcrição das falas dos estudantes gerando o *corpus* (DAMIANI et. al, 2013). Deste *corpus* interpretamos as interações e destacamos, à luz de referencial teórico, evidências da construção de sentidos e do desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas. Para tal, nos apoiamos nas ideias de GREPALDE; AGUIAR JR. (2013); TRAZZI; OLIVEIRA (2016); PEREIRA (2018); SILVA (2009); SASSERON e DUSCHL (2016); SASSERON (2018). Em seguida, utilizamos a ferramenta analítica proposta por Coelho e Ambrósio (2019) a fim de buscar nos dados as características de aulas investigativas.

Não podemos esquecer que além da análise sobre os sujeitos participantes, também faz parte da pesquisa interventiva analisar a relevância da intervenção de modo mais geral. Isso significa discutir se a proposta atingiu os objetivos almejados, os pontos positivos e negativos e as reflexões da professora pesquisadora durante a intervenção. Essa segunda análise é apresentada nas considerações finais da pesquisa.

Desde modo, nossos procedimentos metodológicos de avaliação foram: (i) transcrever áudios e vídeos das aulas; (ii) fotografar as atividades de sistematização; (iii) interpretar o *corpus* a luz de referenciais teóricos; (iv) destacar do *corpus* evidências da construção de sentidos e do desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas; (v) utilizar ferramenta analítica para caracterizar as aulas;

3.2. CONTEXTO DA INTERVENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ENVOLVIDOS NA PESQUISA

Essa pesquisa foi realizada em uma escola pública estadual localizada no município de Vila Velha – ES. A escola funciona nos três turnos, o matutino e vespertino com o ensino médio regular e o noturno com a educação de jovens e adultos (EJA) e curso técnico em logística.



Figura 7: Entrada da Escola

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

O turno matutino, contexto da intervenção, é composto por quatorze turmas, sendo: sete primeiras séries, quatro segundas séries e três terceiras séries. O turno vespertino é composto por apenas cinco turmas, sendo: duas primeiras séries, duas segundas séries e uma terceira série. Além das aulas regulares, alguns estudantes do ensino médio regular participam do projeto “Orquestra sinfônica jovem do Espírito Santo”, que consiste em proporcionar a educação musical para alunos da rede com aulas de instrumentos de cordas, em nosso caso, o violino. O turno noturno é formado por dez turmas, sendo: quatro de técnico em logística, duas primeiras etapas⁸, duas segundas etapas e duas terceiras etapas. Grande parte do público da escola em geral são alunos que sempre estudaram em escolas públicas e moram nas proximidades da escola.

⁸ Na EJA as classes não são divididas em séries e sim em etapas.

A escola foi recentemente reformada e é bem estruturada. É composta por quatorze salas de aula monitoradas por câmeras, dois laboratórios de ciências, uma sala de artes, duas salas de informática, uma biblioteca, uma sala de educação especial, duas salas de professores, uma sala de coordenação, duas quadras, um auditório, um refeitório, estacionamento e cozinha para funcionários e um bicicletário, além de banheiros, secretaria, sala de direção e pedagogia.



Figura 8: Dependências internas da escola.

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Apesar da grande estrutura, o processo de ensino muitas vezes é dificultado por outros problemas que assolam a escola como, por exemplo, a falta de aparelhos de multimídia disponíveis para todos os professores, salas abafadas durante o verão (apesar dos quatro ventiladores disponíveis por sala), os laboratórios de ciências e a sala de artes se caracterizam mais como um espaço físico do que um laboratório em si, as salas de informática não possuem computadores disponíveis para todos, (assim como na sala dos professores), a biblioteca não abre devido a falta de um profissional da área, a

sala de educação especial não cabe mais do que dez alunos e o refeitório não comporta todos os estudantes. E ainda, o bairro sofre com enchentes todos os anos e devido a isso, em alguns momentos, o calendário letivo precisa ser alterado.

Portanto, a realidade dessa escola, apesar de recentemente reformada, não difere muito de tantas outras escolas públicas estaduais que temos em nosso Estado e no Brasil. O que queremos problematizar é que a dificuldade entre equipe escolar e alunos para vivenciar um ensino de ciências que se aproxima do que é ciência, extrapola os limites de uma escola nova e fisicamente estruturada. Tão importante quanto a estrutura física da escola é investir/dar atenção aos processos do ensino de ciências.

A pesquisa foi desenvolvida no turno matutino com discentes da primeira série do ensino médio. A escolha por trabalhar com a primeira série não foi por acaso, de acordo com a *Matriz de conhecimento por trimestre*⁹, o conteúdo de Energia Mecânica deve ser trabalhado com estudantes da primeira série do ensino médio e especificamente no segundo trimestre do ano letivo, como podemos observar nas figuras abaixo.

⁹ Material disponibilizado aos professores da rede estadual por meio do site da Secretária da Educação (SEDU) antes das modificações da BNCC ocorridas no ano de 2018, ano em que as atividades que compunha a intervenção eram elaboradas.

 GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO SUBSECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA E PROFISSIONAL		
etc); • Movimento vertical e a teoria de Galileu para queda dos corpos; • Movimento oblíquo; • Noções de movimento circular.		roteiro disponível em: http://rede.novaescolaclub.org.br/planos-de-aula/como-fazer-animacoes-stop-motion .
2º TRIMESTRE		
CONHECIMENTOS	EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM (OPERAÇÕES COGNITIVAS ESPERADAS PARA O DESENVOLVIMENTO)	SUGESTÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS
• Dinâmica • Conceito de inércia e sistemas de referência inerciais e não inerciais; • Leis de Newton e suas aplicações (força peso, força normal, força de tração, força elástica, força de atrito); • Impulso e quantidade de movimento; • Trabalho, potência, rendimento e energia; • Leis de conservação da energia e da quantidade de movimento.	• Aplicar as Leis de Newton em situações de interações simples entre corpos; • Reconhecer as diferenças dos conceitos de massa e peso de um corpo; • Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes; • Definir quantidade de movimento e impulso e relacioná-los a fenômenos mecânicos; • Distinguir forças internas e forças externas atuantes sobre um sistema; • Utilizar a lei da conservação da quantidade de movimento para descrever fenômenos mecânicos unidimensionais; • Descrever colisões em uma dimensão; • Definir a energia cinética e relacioná-la com	• Simulação “Forças e Movimento: Noções Básicas”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-and-motion-basics ; • Simulação “Módulo de Pouso Lunar”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/lunar-lander ; • Simulação “Rampa: Forças e Movimento”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/ramp-forces-and-motion ; • Experiência com molas e objetos diferenciados para determinação da constante elástica, com registro de dados em software de planilha eletrônica e

Figura 9: Trecho 1 da matriz conhecimento referente ao 2º trimestre da 1ª série do EM.

Fonte: SEDU, 2018.

 GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO SUBSECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA E PROFISSIONAL		
	o trabalho da força resultante; • Caracterizar forças conservativas e dissipativas e definir energias potencial, gravitacional e elástica; • Aplicar os conceitos de impulso, quantidade de movimento, trabalho, energia e potência em situações do cotidiano envolvendo fenômenos mecânicos; • Aplicar os princípios de conservação da quantidade de movimento e da energia mecânica em situações do cotidiano, envolvendo trabalho e máquinas simples (alavanca, plano inclinado e roldanas); • Reconhecer termos científicos básicos; • Seguir instruções explícitas para executar um procedimento científico; • Identificar relações causais ou correlações simples e interpretar dados em gráficos e em imagens que exijam baixo nível de demanda cognitiva; • Usar conhecimentos de conteúdos e de procedimentos básicos ou cotidianos para reconhecer ou identificar explicações de fenômenos científicos simples.	posterior construção de gráficos e obtenção da constante. Ao final redação de artigo nas normas da ABNT usando software editor de texto; • Simulação “Mecânica - Lei da conservação da quantidade de movimento”, disponível em: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19192/index.htm?sequence=105 ; • Simulação “Laboratório de Colisões”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/collision-lab ; • Simulação “Formas de Energia e Transformações”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes .

Figura 10: Trecho 2 da matriz conhecimento referente ao 2º trimestre da 1ª série do EM.

Fonte: SEDU, 2018.

Durante o período da pesquisa, as sete turmas da primeira série eram formadas aproximadamente de quarenta alunos em cada sala e a intervenção foi desenvolvida com todas as turmas. A demanda por trabalhar com todas as

turmas não foi uma escolha dos pesquisadores, foi uma exigência da escola por ordem da superintendência regional, pois entendiam que todas as classes da primeira série deveriam receber o mesmo ensino, sendo assim, uma classe não seria mais “beneficiada” do que a outra. Além disso, por uma questão ética e por acreditarmos que o tipo de abordagem faz parte de uma educação científica mais crítica e democrática, assumimos o compromisso de realizar a intervenção em todas as classes de primeira série. Contudo, para fins de análise de dados o estudo foi direcionado apenas uma turma.

A turma escolhida para análise dos dados foi a turma com a menor quantidade de estudantes, pois entendemos que esse fator facilitaria nas gravações de áudio e vídeo. A turma referida continha quarenta e cinco alunos matriculados, porém desses matriculados apenas trinta e um alunos estavam com a matrícula ativa no Sistema Estadual de Gestão Escolar (Seges)¹⁰, e desses trinta e um, apenas vinte e oito realmente frequentavam a escola. Esses vinte e oito eram divididos entre 15 meninos e 13 meninas com idades entre quinze e dezessete anos. Todos esses estudantes receberam nomes fictícios nas transcrições de áudio e vídeo para a análise de dados e tiveram suas imagens preservadas durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Para que essa pesquisa fosse realizada, alguns procedimentos éticos tiveram que ser cumpridos, dentre eles: a autorização da escola documentada pela carta de anuência (disponível no apêndice I), autorização dos estudantes para participação na pesquisa documentada pelo termo de assentimento livre e esclarecido (disponível no apêndice II), e autorização dos pais ou responsáveis dos estudantes menores documentada pelo termo de consentimento livre e esclarecido (disponível no apêndice III).

3.3 A PROPOSTA DE SEI

Para elaborar as atividades da SEI nos apropriamos das ideias de Carvalho (2011), Sasseron (2018), Coelho e Ambrósio (2019) e Barcellos et al. (2019), evidenciando a importância da problematização e da minha mediação no

¹⁰ Site restrito a alunos, professores e equipe pedagógica da rede estadual.

decorrer da intervenção. A SEI foi dividida em cinco momentos¹¹ e durante o planejamento de cada um deles buscamos proporcionar atividades que pudessem promover a aproximação entre as culturas escolar e científica (MUNFORD; LIMA, 2007) por meio da problematização.

Os objetivos da SEI foram traçados a luz das ideias de Sasseron (2018) sobre as práticas epistêmicas e científicas e de Duschl (2016) sobre as três harmonias¹² na educação em ciências. Segundo Duschl (2016) para avaliar criticamente a aprendizagem dos estudantes e promover aproximação da ciência escolar a científica, as atividades devem ser planejadas para atingir objetivos conceitual, epistêmico e social. Os objetivos conceituais buscam estruturas conceituais e processos cognitivos usados ao raciocinar cientificamente; os objetivos epistêmicos procuram usar o desenvolvimento e avaliação científica; e os objetivos sociais reconhecem os processos e contextos sociais que moldam a comunicação, representação e discussão do conhecimento científico (Duschl, 2016). Sendo que:

O objetivo epistêmico e social traz práticas novas e importantes para compor os ambientes de aprendizagem. A chave entre eles é a necessidade de estabelecer diálogos ou ambientes de aprendizado dialético que facilitam duas atividades importantes. Uma é tornar visível o pensamento do aluno e fazer que determinado contexto promova o pensamento científico e motivação para aprender. A outra realizar avaliações que permitam os alunos verificar os conceitos de modo a engajar-se na ciência e educação científica. O foco deve estar na pergunta prática e nas práticas de alfabetização (Duschl, 2016, p. 287, tradução nossa).

Em nosso entendimento Sasseron (2018) chama os objetivos epistêmicos e sociais apresentados por Duschl (2016) de práticas epistêmicas e científicas. Em acordo com ambos os autores e a fim de atingir os objetivos almejados na pesquisa, os objetivos da SEI foram divididos em: objetivos conceituais e objetivos epistêmicos e científicos. Para nós, os objetivos conceituais dizem respeito à construção de conceitos e/ou outros sentidos sobre o conteúdo científico em questão. Já os objetivos epistêmicos e científicos são o próprio

¹¹ Preferimos chamar de momentos ao invés de aulas, pois cada aula possui cinquenta e cinco minutos e alguns momentos duraram mais de uma aula.

¹² Domínio conceitual, epistêmico e social.

desenvolvimento das práticas epistêmicas e científicas apresentadas por Sasseron (2018).

Após o planejamento de cada momento da SEI utilizamos nossa discussão sobre o processo EAR (apresentada na sessão 2.2 AMPLIANDO DISCUSSÕES SOBRE CONSTRUÇÃO, VALIDAÇÃO E MEDIAÇÃO DE UMA SEI). Deste modo, realizamos seis das sete etapas de nossos procedimentos metodológicos sendo elas: (i) planejamento/elaboração de uma SEI; (ii) validação por especialistas e por pares *a priori*; (iii) validação da escola *a priori*; (iv) desenvolvimento de uma atividade piloto; (v) validação por especialistas e por pares *posteriori* e (vi) reelaboração da SEI.

As etapas de desenvolvimento da atividade piloto e validação por especialistas e por pares *posteriori* são discutidas na sessão 3.4. A ESCOLHA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E A ATIVIDADE PILOTO.

A seguir apresentamos a proposta de SEI após ser replanejada. A apresentação é feita de forma de quadro e sistematiza cada momento da SEI. No Quadro 2 cada linha descreve um momento da SEI, trazendo informações sobre a quantidade de aulas, o objetivo conceitual, os objetivos epistêmicos e científicos e a situação problema proposta. Mais detalhes como contextualização, materiais utilizados e sugestões para o desenvolvimento e avaliação das aulas, são apresentados no produto educacional, disponível no apêndice H desta pesquisa.

Quadro 2 - SEI

Momento da SEI e Nº de aulas	Objetivos conceituais e Objetivos epistêmicos e científicos.	Situação-problema
Momento 1 De onde vem a energia?	Objetivos conceituais - Identificar as diferentes concepções sobre energia e suas fontes; - Reconhecer o sol como nossa	Qual a importância do sol para a existência de vida na Terra? E como podemos associar o sol as outras formas de

(1 aula)	principal fonte de energia; - Identificar os conhecimentos prévios sobre Usinas elétricas. Objetivos epistêmicos - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Objetivos científicos - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.	energia?
Momento 2 Como funciona uma hidrelétrica? (1 aula)	Objetivos conceituais - Relacionar altura com energia potencial gravitacional e velocidade com energia cinética; - Identificar as transformações de energia; Objetivos epistêmicos - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Objetivos científicos - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.	Caso modificássemos o conduto forçado (saída de água) mais para cima ou mais para baixo da barragem, o que aconteceria?
Momento 3 A bolinha	Objetivos conceituais - Reconhecer manifestações da	Com os materiais disponíveis como

passa? Ou não passa? (2 aulas)	energia cinética e potencial gravitacional; - Relacionar a dependência da velocidade final com a altura inicial; - Identificar as transformações de energia; - Estimar energia, velocidade e altura utilizando o princípio de conservação de energia mecânica; Objetivos epistêmicos - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Objetivos científicos - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.	devemos construir um trecho de montanha russa de modo que esse trecho tenha um looping e que ao soltar a bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo?
Momento 4 Física, fora da escola? (6 aulas)	Objetivos conceituais - Identificar as transformações de energia mecânica; - Utilizar o Princípio da Conservação de Energia Mecânica para estimar velocidade final de um objeto; Objetivos epistêmicos - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Objetivos científicos - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a	Problema 1: No equipamento Plano inclinado ao puxar os três seguradores no ponto mais alto e soltá-los o que acontece? Eles chegam ao mesmo tempo? Por que isso acontece? Problema 2: É possível descobrir a velocidade com que cada um dos seguradores chega ao ponto final da descida do plano? Como vocês estimariam a velocidade? Qual seria a velocidade final?

	resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.	
Momento 5 A lata mágica (1 aula)	Objetivos conceituais - Reconhecer a energia potencial elástica; - Reconhecer a relação deformação com energia potencial elástica; - Identificar transformação de energia; Objetivos epistêmicos - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Objetivos científicos - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.	Como podemos explicar funcionamento da lata? O que tem dentro dela para que ela funcione dessa forma?

Fonte: Acervo dos autores

3.4 A ESCOLHA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E A ATIVIDADE PILOTO

A atividade piloto foi o desenvolvimento do momento 4 da SEI, com o título: “Física, fora da escola?” A atividade foi desenvolvida em um centro de ciências na cidade de Vitória.

Marandino e Contier (2015) salientam a relevância da utilização de ambientes de educação não formal, como museus e centros de ciências, para a divulgação da ciência a estudantes e a importância da divulgação de pesquisas acadêmicas sobre tal assunto para sociedade como um todo.

Coelho, Breda e Brotto (2016) defendem a articulação entre os espaços de educação não formal e atividades escolares, pois consideram que esses espaços promovem aos estudantes a ampliação do conhecimento científico e a possibilidade de socializar conhecimentos do contexto escolar, além de estimular a procura por novos saberes.

Apoiados nas ideias desses referenciais, propomos na SEI um momento, de caráter investigativo, para ser desenvolvido em um centro de ciências. Entendemos que os espaços de educação não formal, centros e/ou museus, não são uma extensão da escola e que não compete a esses espaços seguir padrões de ensino e/ou aprendizagem a qual estamos acostumados a desenvolver no contexto escolar. Contudo, defendemos que a intencionalidade da visita pode flexibilizar a utilização desses espaços, bem como o tipo de educação (formal, não formal ou informal) que perpassa a visita. Deste modo concordamos que:

[...] pode-se considerar um museu um espaço de ENF do ponto de vista institucional, mas, sob o olhar do público, ele pode se configurar como educação formal (quando os alunos o visitam para uma atividade altamente estruturada pela escola), ou mesmo como educação informal (considerando um visitante que procura o museu para se divertir) (MARQUES; MARANDINO, 2018, p. 13).

Deste ponto de vista o que propomos no momento 4 da SEI é uma ampliação da utilização desses espaços educativos para o desenvolvimento de atividades escolares. Escolhemos esse momento da sequência para fazer a atividade piloto.

O desenvolvimento da atividade piloto ocorreu em 2018, ano anterior ao desenvolvimento de toda a SEI que gerou os dados da pesquisa. Os estudantes envolvidos já tinham visto o conteúdo de Energia Mecânica no trimestre anterior a aplicação da atividade.

Para realização desta atividade piloto (e do momento 4 da SEI), solicitamos autorização da Secretaria Municipal de Educação (Seme) que pertence a Prefeitura de Vitória e é responsável pelas políticas pedagógicas e

administrativas dos centros de ciências¹³. A solicitação de autorização foi feita por meio de uma carta destinada a Secretária de Educação de Vitória, e a carta está disponível no APÊNDICE D. A autorização rapidamente foi concedida também por meio de uma carta (disponível no APÊNDICE E).

Escolher o espaço de educação não formal onde aconteceria a intervenção não foi uma tarefa fácil. Foi necessário fazer várias visitas aos centros de ciências institucionalizados, dentre eles a Escola da Ciência Física e a Praça da Ciência, ambos localizados na capital Vitória.

Na realização das visitas buscávamos: (i) compreender o funcionamento do local; (ii) entender o papel dos mediadores e ao mesmo tempo poder contar com a ajuda deles para a intervenção; (iii) um local com flexibilidade no roteiro de visitas; (iv) brinquedos/experimentos que potencializassem a elaboração de uma investigação do conteúdo em vista; e (v) um ambiente seguro e que pudesse atender um grande número de alunos (pois a ideia era levar mais de uma turma por vez). De todos esses pontos citados o mais difícil foi o item (iv).

Iniciamos as buscas pela Escola da Ciência Física (ECF), localizada no centro de Vitória-ES. Por meio do coordenador pedagógico do centro de ciências tive as seguintes informações: (a) Embora a ECF estivesse divididas em salas temáticas, não existe roteiros fixos de visitação; (b) As mediações acontecem conforme os equipamentos disponíveis do dia, ou seja, a visitação é uma mistura de alguns equipamentos nas variadas salas temáticas; e (c) A principal diferença de uma visitação para outra é linguagem utilizada para diferentes públicos (por exemplo: um grupo do ensino médio que visita a ECF no mesmo dia de um grupo do Fundamental I assistem os mesmos experimentos, entretanto, a abordagem é feita de maneira distinta, pois são públicos distintos).

¹³ A prefeitura de Vitória é responsável por quatro centros de ciências na capital, sendo eles: Praça da Ciência, Escola da Ciência Física, Planetário e Escola da Ciência, Biologia e História.

No dia dessa visita não foi possível dialogar com nenhum mediador, pois todos estavam ocupados atendendo escolas visitantes. Porém, em conversa com o coordenador pedagógico, enxergamos possibilidades de acrescentar na visita da intervenção (antes ou após o desenvolvimento das atividades) um momento lúdico e sem ligação direta com as atividades que seriam desenvolvidas. De acordo com o relato do coordenador do local isso poderia deixar os alunos mais a vontade com o ambiente e estimular outras visitas aos demais museus e centros de ciências disponíveis em nosso Estado.

Posteriormente, visitamos a Praça da Ciência, também localizada em Vitória, na Enseada do Suá. Também por meio do coordenador pedagógico do próprio centro de ciências, conseguimos as seguintes informações: (a) Diferentemente da ECF a Praça da Ciência possui roteiros prontos de acordo com temas específicos (por exemplo: Ondas, Energia, Astronomia, Leis de Newton entre outros); (b) O professor visitante pode montar seu próprio roteiro escolhendo seis equipamentos caso não queira adotar os roteiros prontos sugeridos pela Praça da Ciência e (c) Os mediadores do local poderiam me auxiliar durante a intervenção elaborada por mim.

Nesse espaço conseguimos estabelecer um diálogo com os mediadores e esse momento foi de extrema importância para o planejamento da atividade. Por eles (mediadores) terem maior conhecimento do centro de ciências, conseguiram direcionar quais equipamentos/experimentos/brinquedos poderiam potencializar a intervenção.

Após as visitas a esses dois centros de ciências, escolhemos a Praça da Ciência como espaço de educação não formal para articular a uma aula da SEI. A escolha foi devido às próprias características da Praça da Ciência, a possibilidade de estabelecer parcerias com os mediadores (antes e durante a intervenção) e liberdade de elaborar o próprio guia de visita mediante os objetivos da visita. Durante o processo de elaboração da atividade, outras visitas foram realizadas, bem como reuniões com os mediadores para planejar a intervenção inicial que chamamos de atividade piloto.



Figura 11: Momento de planejamento com os mediadores na Praça da Ciência
Fonte: Acervo dos autores, 2018.

A realização dessa atividade piloto teve grande importância para o replanejamento da sequência, pois mesmo tendo estudo teórico e experiência em desenvolver atividades investigativas outras vezes (com outros temas e conteúdos), analisar a própria prática nos faz refletir e aprimorar nossos atos. Visto que,

[...] na formação permanente de professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática. É pensando criticamente na prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática” (FREIRE, 2018, p. 40).

Realizar uma atividade investigativa é muito difícil porque nós professores, assim como os estudantes, estamos acostumados a dar e receber repostas

prontas como no ensino diretivo. Analisar os vídeos e áudios feitos na atividade piloto foi fundamental para rever algumas posturas e reformular a mediação.

Além das análises de vídeos e áudios, uma socialização de experiências foi feita após a realização da atividade com um grupo de professores (entre eles estudantes de mestrado, mestre em ensino de física e doutor em educação). Essa socialização de experiências aconteceu no grupo de pesquisa GPPEC, e foi nesse momento de socialização que ocorreu a validação posteriori.

Os professores do grupo viram a descrição da proposta investigativa e ouviram os relatos de professores que estavam presentes no desenvolvimento da atividade piloto. Esse momento de validação a posteriori com o grupo evidenciou que a atividade proposta tinha um potencial investigativo, porém, precisava de alguns ajustes na mediação como:

- Dividir em grupos menores, pois grupos grandes dificultam que todos tenham voz e participem, além disso, o áudio ficava comprometido;
- Discutir mais com os alunos quais variáveis eles precisam para obter a velocidade e deixar que eles reconheçam a necessidade de medir a altura e não mostrar a trena como instrumento de medida;
- Explorar mais a discussão sobre a massa dos seguradores;
- Ver a possibilidade de levar uma balança (simples) para medir a massa dos estudantes. Isso poderia ampliar a discussão, os alunos executariam mais procedimentos e enriqueceria o debate;
- Explorar a resolução do problema também por outros caminhos, por que não usar a cinemática? Esses diferentes caminhos poderiam gerar diferentes soluções e investigar qual é a correta, e seria ainda mais rico;
- O momento de sistematização poderia ocorrer na sala de aula em outra ocasião com todos os grupos reunidos;
- A Carta ao Prefeito deveria ser escrita na escola ao invés de ser uma tarefa para casa para evitar as “colas” entre os estudantes.
- O município/Prefeito de destino da carta ficaria a critério do estudante.

Todas essas sugestões foram discutidas pelos professores do grupo e incorporadas no momento 4 que compunha a SEI. O desenvolvimento de toda a SEI, que gerou os achados da pesquisa, aconteceu em 2019, ano seguinte à aplicação da atividade piloto com outra turma de primeira série.

3.5 O DESENVOLVIMENTO DA SEI

Nas seções a seguir faremos uma apresentação sobre cada momento da SEI para um maior entendimento de como se deu a intervenção. Para tal, assumiremos a escrita (da seção 3.5.1 à 3.5.5) na primeira pessoa do singular, pois o que apresentamos a seguir são as minhas narrativas sobre a SEI.

3.5.1 Momento 1: De onde vem a energia?

Iniciei a aula fazendo a contextualização através de uma aula com slides, fiz alguns questionamentos sobre a origem da energia e onde ela se fazia presente. Apresentei imagens de alguns objetos e a partir dos comentários dos estudantes, questionei se tais fotos representavam energia para eles e por quê. Dentre as imagens havia aparelhos eletrônicos, usinas de energia (hídrica, eólica, solar e termoeletrica), alimentos (naturais e industrializados) e combustíveis.



Figura 12: Slides usados na contextualização do momento 1 da SEI

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Durante a contextualização perguntei aos alunos a respeito do funcionamento das usinas e a matéria prima utilizada em cada uma delas. Por fim, apresentei três figuras simultâneas: uma lâmpada, o sol e um prato de comida, e perguntei aos alunos qual dessas figuras representava energia de uma maneira mais ampla. Após ouvir as mais diversas respostas, eu propus a situação problema: *Qual a importância do sol para a existência de vida na Terra? E como podemos associar o sol a outras formas de energia?*



Figura 13: Slide usado na problematização do momento 1 da SEI

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Entre uma fala e outra dos alunos, fazia algumas intervenções tentando incentivá-los a repensar a questão-problema. Após algum tempo de discussão, os estudantes chegaram a um consenso de que o Sol é a principal fonte de energia para o planeta Terra e, por isso, é importante para nós. A justificativa para esse consenso partiu da hipótese de que o Sol tem relação direta com as demais fontes de energia que utilizamos, como a energia vinda dos alimentos, energia das hidrelétricas e energia de combustíveis como álcool.

Após a discussão e levando em consideração as possíveis resoluções para situação problema, fiz um momento de sistematização introduzindo em nossa

discussão o conceito de transformação de energia. Reforcei as ideias trazidas pelos alunos sobre a relação do Sol com as demais fontes de energia citadas por eles e comentei como o Sol está associado à energia eólica e a energia dos combustíveis como a gasolina, depois, apresentei o vídeo “Ciências – Aula 34”¹⁴ do programa telecurso 2000.



Figura 14: Vídeo utilizado para sistematização do momento 1

Fonte: Youtube

Esse momento teve duração de apenas uma aula. Finalizei solicitando aos estudantes que produzissem um texto de forma individual entre 10 e 20 linhas, respondendo as seguintes questões: “De onde vem a energia que utilizamos em nossas casas e outros ambientes em que vivemos? Existe uma principal fonte de energia a qual sem ela não conseguiríamos sobreviver? O que eu entendo sobre energia e suas transformações?”.

¹⁴ “Ciências – Aula 34” do programa telecurso 2000. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zMtiR5638Ho>.

No alimento, na lâmpada que acendemos, na gasolina que colocamos no carro, em todos esses exemplos existe uma fonte principal de energia, a qual não conseguiríamos sobreviver sem, essa fonte é o Sol.

Algumas fontes de energia são encontradas em aerogeradores mais parecidos com cataventos, placas que capturam uma parte da energia do Sol e transforma em energia luminosa, usinas nucleares e também as usinas hidrelétricas.

Nas usinas hidrelétricas a participação do Sol é essencial para o ciclo da água, fazendo com que a água evapore, condense e depois caia em forma de chuva ajudando a encher as represas de água, e quando elas estão cheias são criadas represas e com a velocidade da água gera energia luminosa pra nós seres humanos. Por meio do Sol também é possível uma planta guardar energia, que depois pode servir de alimento para alguma pessoa, e essa pessoa acaba recebendo uma parte da energia que estava na planta ou no animal que ingeriu a planta. Ela também faz fotossíntese, que no final desse processo é gerado o gás oxigênio, muito importante para respiração dos seres humanos. Sem o Sol não há vida.

Figura 15: Produção de texto momento 1

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Lê-se: “No alimento, na lâmpada que acendemos, na gasolina que colocamos no carro em todos esses exemplos existe uma fonte principal de energia, a qual (sic) não conseguimos sobreviver sem essa fonte é o sol.”

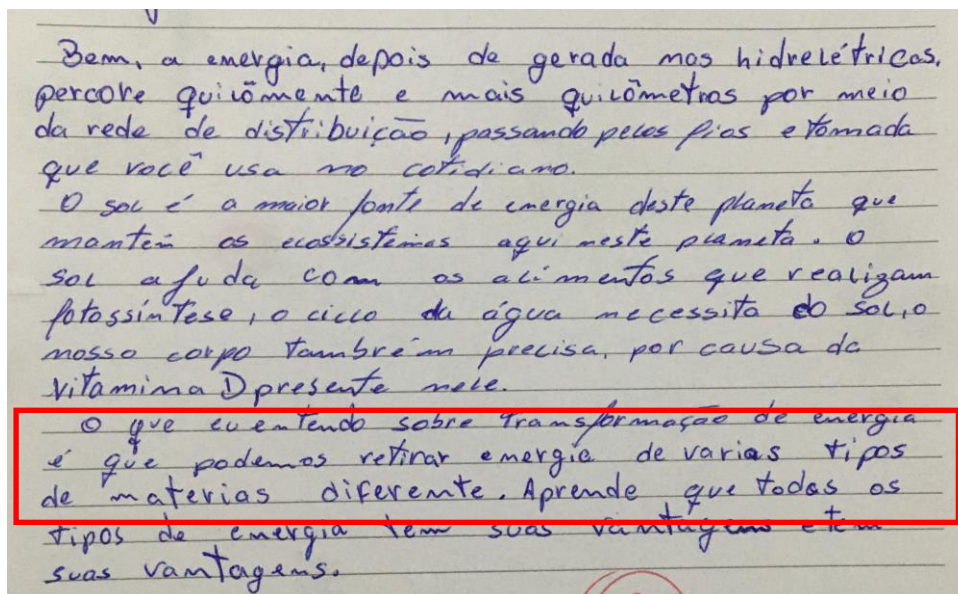


Figura 16: Produção de texto momento 1

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Lê-se: “O que eu entendo sobre transformação de energia é que podemos retirar energia de vários tipos de materiais diferente (sic)”.

3.5.2 Momento 2: Como funciona uma hidrelétrica?

Comecei contextualização por meio do vídeo “Por dentro de Itaipu, conheça a hidrelétrica que mais produz energia no mundo”¹⁵ do programa Foco ambiental.



Figura 17: Vídeo utilizado para contextualização do momento 2

Fonte: Youtube

¹⁵ “Por dentro de Itaipu, conheça a hidrelétrica que mais produz energia no mundo” ¹⁵ do programa Foco ambiental. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=vq8BUGi_8N8

Em seguida iniciei uma conversa sobre algumas informações apresentadas no vídeo, como a quantidade de energia produzida na referida Hidrelétrica, como acontece a produção de energia, o que faz o a turbina girar, dentre outras informações e curiosidades mostradas no vídeo.

Apresentei por meio de slides uma figura representativa de uma hidrelétrica e solicitei que os alunos identificassem as partes da usina (reservatório, barragem, turbina, gerador, transformador e redes de distribuição), relacionando os nomes à imagem apresentada.

COMO FUNCIONA UMA HIDRELÉTRICA?

Prof.ª. Jéssica Adriane de Souza Bodevan

✦ Vídeo:
Por dentro de Itaipu: conheça a hidrelétrica que mais produz energia no mundo.
https://www.youtube.com/watch?v=vq8BUGi_8N8&t=15s

✦ Conversando de acordo com o vídeo...

O Brasil utiliza toda a energia produzida na Usina de Itaipu?

Como a energia é produzida?

O que faz a turbina girar?

A altura da barragem tem influencia na produção de energia?

IDENTIFICANDO AS PARTE DE UMA HIDRELÉTRICA

Reservatório - Barragem - Turbina - Gerador - Transformador - Redes de Distribuição

Figura 18: Slides usados na contextualização do momento 2 da SEI

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Após fazerem essa identificação de forma correta, disparei a situação-problema: *Caso modificássemos o conduto forçado (saída de água) mais para cima ou mais para baixo da barragem, o que aconteceria?*

Para resolver a situação-problema alguns alunos traziam em suas falas palavras como força, pressão, queda e energia, mas em expressões vagas de

significado para uma justificativa de contexto científico como: energia mais forte, descida mais forte, água mais forte e rodar mais forte. Durante a discussão eu fazia pequenas intervenções para que os alunos tentassem ser um pouco mais claros ou específicos nas suas respostas, fazendo questionamentos como: *Por que vai girar mais? E você, acha o que? Não entendi bem, será que pode me explicar melhor? Energia o que?*

Outros alunos resumiram as ideias trazidas pelos colegas, em seu jargão, e problematizaram uma relação de dependência entre altura do conduto forçado e a velocidade com que a água chegava à turbina, e consequentemente, a produção de energia. Aproveitei as hipóteses dos estudantes para realizar um momento de sistematização, atribuindo os conceitos, e formulação matemática, de energia potencial gravitacional (E_{pg}) e energia cinética (E_c) nas ideias apresentada por eles. Para isso, utilizei a mesma figura que os alunos identificam as partes da usina para relembrar e rediscutir o conceito de transformação de energia já mencionado no momento 1, anterior.



Figura 19: Slides usados na sistematização do momento 2 da SEI

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Durante o momento de sistematização, os estudantes questionaram se a transformação de energia mecânica acontece em outros ambientes para além daquele que discutimos na hidrelétrica. Utilizei uma pasta de plástico para exemplificar outras transformações de energia potencial gravitacional em cinética (e vice-versa) ao elevar a pasta até certa altura e soltá-la. O simplório exemplo repercutiu uma série de questionamentos sobre locais que conseguimos visualizar esse tipo de transformação.

Esse momento teve duração de apenas uma aula. Finalizei solicitando que os estudantes fizessem um desenho de alguma situação que acontecesse esse tipo de transformação de energia.

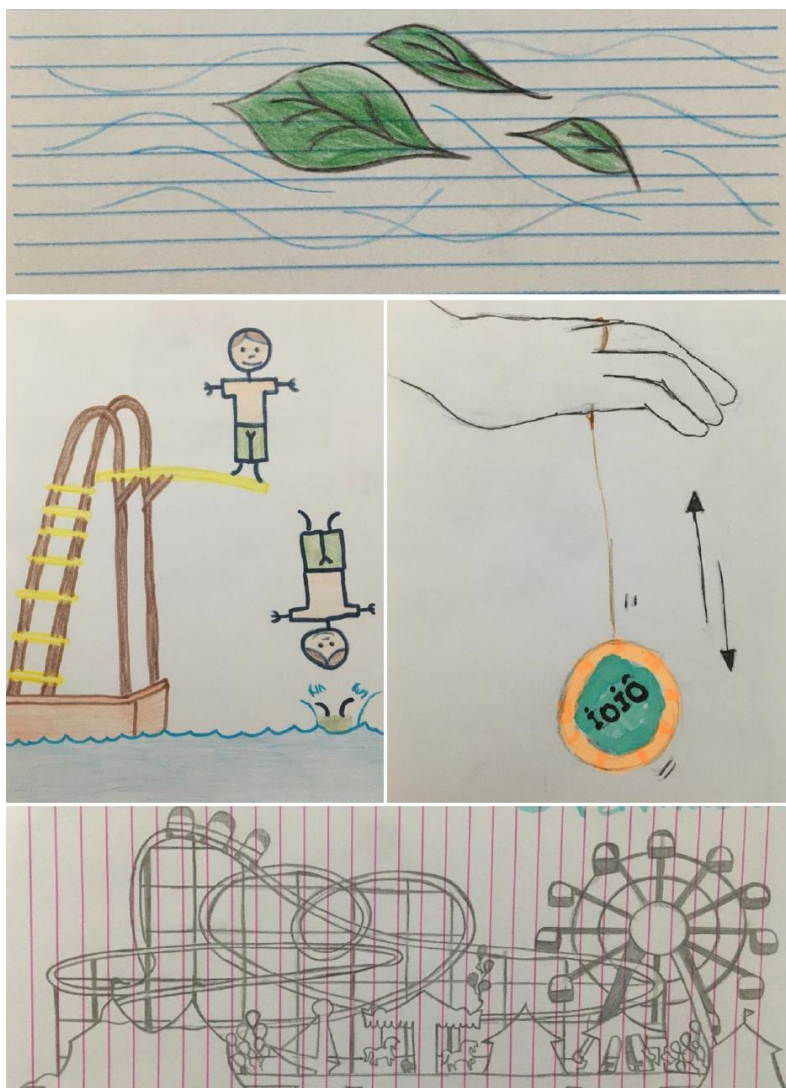


Figura 20: Desenhos produzidos por estudantes

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

3.5.3 Momento 3: A Bolinha passa? Ou não passa?

Desenhei uma montanha russa no quadro e fiz uma contextualização do brinquedo que fica disponível em muitos parques de diversão, inclusive nos parques itinerantes que visitam nossa capital. Perguntei aos estudantes quem já tinha andado de montanha russa e se alguém tinha coragem de levantar as mãos no exato momento que o carrinho passa pelo *looping*. Alguns alunos responderam que não tinham essa coragem, e outros, que já fizeram isso várias vezes. Expliquei aos alunos que naquela aula nosso problema a ser resolvido tinha relação com aquela temática, mas que para isso eles precisariam se dividir em pequenos grupos e que iríamos desenvolver a atividade no pátio da escola.

Os estudantes fizeram a divisão dos grupos com até cinco integrantes, conforme afinidade da turma, e em seguida lancei a situação problema: *Com os materiais disponíveis, como devemos construir um trecho de montanha russa de modo que esse trecho tenha um looping e que ao soltar a bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo?*

Já no pátio da escola cada grupo recebeu 3m de mangueira flexível para fio, bolinhas de gude, fita crepe, trena e um relatório investigativo (disponível no APÊNDICE F). Cada grupo procurou um local do pátio para construir sua montanha russa, juntos, eles levantavam hipóteses e as testavam para resolver o problema proposto.

Enquanto cada grupo desenvolvia sua construção eu circulava entre eles os auxiliando no que fosse necessário, mas sem intervir na solução do problema. Quando os estudantes conseguiam resolver, me chamavam e mostravam sua resolução (a montanha russa montada e a bolinha sendo solta do ponto inicial e fazendo a volta completa no looping), em seguida, faziam entre eles mesmos seu momento de sistematização de ideias e escreviam suas anotações no relatório investigativo.



Figura 21: Estudantes construindo a montanha russa

Fonte: Acervo dos autores, 2019.



Figura 22: Estudantes testando a montanha russa

Fonte: Acervo dos autores, 2019.



Figura 23: Estudantes realizando medidas da montanha russa

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Todos os grupos evidenciaram que o diâmetro do looping deveria ser menor que a altura inicial da montanha russa. Relacionaram mais uma vez a dependência da velocidade final (neste caso da bolinha) com a altura inicial da queda. Essas ideias já tinham sido trazidas pelos estudantes no momento anterior na aula sobre o funcionamento das hidrelétricas.

Na aula seguinte, ainda pertencente ao momento 3, os estudantes se reuniram novamente com seus respectivos grupos, e pedi que eles compartilhassem comigo e com os demais colegas de classe como resolveram o problema proposto, e assim fizeram.

Em seguida, sistematizei a atividade lembrando os conceitos e modelo matemático de energia cinética e potencial gravitacional. Para realizar esse momento de sistematização, desenhei uma montanha russa hipotética no quadro e utilizando o Princípio da Conservação de Energia Mecânica estimei a velocidade final do carrinho. Solicitei que os grupos usassem suas anotações

do relatório investigativo, tentassem estimar a velocidade final da bolinha e me devolvessem os relatórios.

Esse momento teve duração de duas aulas, sendo uma aula para a realização da atividade experimental (fora da sala de aula) e outra aula para um momento de sistematização com toda a turma e realização dos cálculos para estimar a velocidade final da bolinha. Finalizei a aula entregando listas de exercícios como tarefa para casa, com problemas conceituais e quantitativos sobre o princípio da conservação de energia mecânica. Nestas aulas estiveram presentes 26 alunos dos 28 que compõe a turma.

3.5.4 Momento 4: Física, fora da escola?

Sáímos da escola, de ônibus, com destino a Praça da Ciência. Expliquei aos alunos que a ida ao centro de ciência não se caracterizava como um passeio escolar, mas como uma aula de campo. Porém, eles também teriam momentos livres para explorarem o espaço conforme a curiosidade e o interesse de cada um. Chegando lá, fomos recebidos pelo coordenador pedagógico e pelos mediadores do local, eles se apresentaram e fizeram uma breve explicação sobre a missão daquele espaço, regras e horário de funcionamento. Nossa visita aconteceu das 8h às 11h.

Para o melhor desenvolvimento da atividade pedi que os alunos se dividissem em três grupos, deste modo, cada grupo sempre estaria acompanhado por algum responsável que poderia ser eu ou um mediador da Praça. Iniciei a discussão destacando que a Praça da Ciência é um lugar que mistura ludicidade e aprendizagem e por meio de um diálogo fui lembrando com os estudantes o que tínhamos feito durante o desenvolvimento da sequência. Em seguida, os questioneei se seríamos capazes de visualizar, utilizar ou reinventar o que tínhamos aprendido no contexto escolar em outro ambiente. Depois desse momento cada grupo seguiu com seu responsável, um grupo comigo e os outros dois grupos com os mediadores.

Os grupos que ficaram com os mediadores foram conhecer os equipamentos/experimentos/brinquedos em uma perspectiva mais livre. O roteiro de visitação seguido pelos mediadores já tinha sido pré-estabelecido na reunião de preparação da atividade junto comigo, sendo eles: Prato giratório, Girotec, Espelhos, Gerador manual, Refletor parabólico e João Bobo.



Figura 24: Visita guiada pelos mediadores da Praça da ciência

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Neste momento da visita os estudantes conheciam equipamentos/experimentos/brinquedos que envolviam conceitos já trabalhados em sala de aula e conceitos novos nunca vistos pelos estudantes no contexto escolar.

Enquanto esses dois grupos participavam da visita com os mediadores, o terceiro grupo desenvolvia comigo o momento 4 da SEI em um equipamento específico, o plano inclinado.



Figura 25: Equipamento Plano inclinado

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Diante desse brinquedo propus as seguintes situações-problema:

Problema 1: No equipamento plano inclinado ao puxar os três seguradores no ponto mais alto e soltá-los o que acontece? Eles chegam ao mesmo tempo? Por que isso acontece?

Problema 2: É possível descobrir a velocidade com que cada um dos seguradores chega ao ponto final da descida do plano? Como vocês estimariam a velocidade? Qual seria a velocidade final?



Figura 26: Problematização no Plano inclinado

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Para cada situação-problema os alunos apresentavam suas ideias, levantavam suas hipóteses e em seguida faziam seus testes. Durante esse momento, eu fazia pequenas interferências com o objetivo de orientar e dar suporte às discussões e incentivá-los a apresentar e avaliar as mais variadas ideias.

Disponibilizei materiais como: trenas, uma balança simples de aferir massa corporal e uma atividade de sistematização (disponível no APENDICE G), em que os estudantes deveriam relatar tudo o que fizeram para resolver os problemas. Alguns estudantes também utilizaram o cronômetro do telefone celular para realizar medidas.



Figura 27: Estudantes realizando medidas

Fonte: Acervo dos autores, 2019.



Figura 28: Momento em que estudantes se reúnem para estimar a velocidade dos puxadores com as medidas realizadas por eles

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

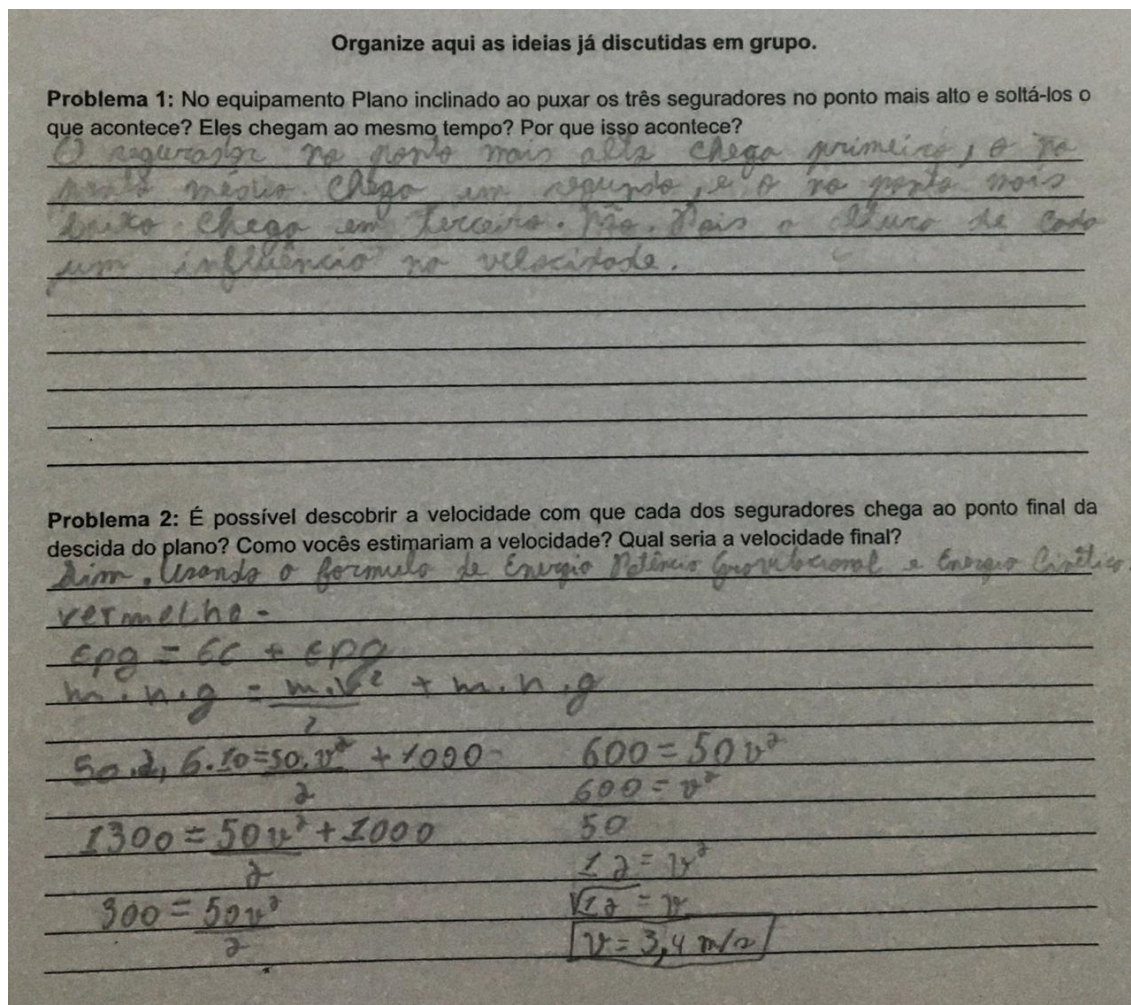


Figura 29: Relatório investigativo respondido por um dos grupos

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

O relatório apresentado acima é um exemplo da atividade que os estudantes fizeram após as discussões sobre as situações-problema propostas.

Sobre o problema 1 e problema 2, lê-se:

“O segurador no ponto mais alto chega primeiro, o do ponto médio chega em segundo e o no ponto mais baixo chega em terceiro. Não, pois a altura de cada um influencia na velocidade.”

“Sim, usando a fórmula de energia potencial gravitacional e cinética.”

Em seguida eles utilizam o Princípio da conservação de energia mecânica e estimam que a velocidade final do segurador vermelho seja 3,4m/s.

Durante a visitação fizemos um rodízio entre os grupos e toda turma conseguiu visitar os experimentos pré-estabelecidos e realizar a atividade no plano inclinado. Os estudantes tiveram seu tempo de intervalo preservado e nesse tempo eles ficaram livres para buscar os demais equipamentos do espaço.

O momento de sistematização aconteceu em outra aula, já nas dependências da escola. Pedi que os alunos compartilhassem os resultados comigo e com os demais colegas da turma, e assim, chegamos juntos a resolução dos problemas propostos. Embora alguns grupos tenham tomado maneiras diferentes de resolver o mesmo problema, conseguimos chegar a um consenso. Os puxadores não chegariam ao mesmo tempo, pois apesar de serem soltos ao mesmo tempo estavam localizados a alturas distintas em relação ao solo. A estimativa de velocidade de cada um dos puxadores poderia ser feita utilizando o princípio de conservação da energia mecânica, mas para isso era necessário fazer algumas medidas como as alturas inicial e final.

Para finalizar, solicitei que os estudantes escrevessem uma carta ao Prefeito de Vitória (responsável pela Praça da Ciência) ou ao Prefeito de Vila Velha (responsável pela cidade onde está localizada nossa escola).



Figura 30: Estudantes escrevendo cartas ao Prefeito

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Sugeri que escrevessem na carta os novos saberes alcançados durante a visita e a importância da vivência nesse centro de ciência. Abaixo, apresento 4 das 24¹⁶ cartas escritas pelos estudantes.

Nas duas cartas a seguir, figura 25 e 26, os estudantes descrevem ao Prefeito os novos saberes alcançados durante a visita guiada pelos mediadores. Um aluno dedica a carta ao prefeito de Vila Velha e o outro não explicita para qual prefeito escreveu a carta.

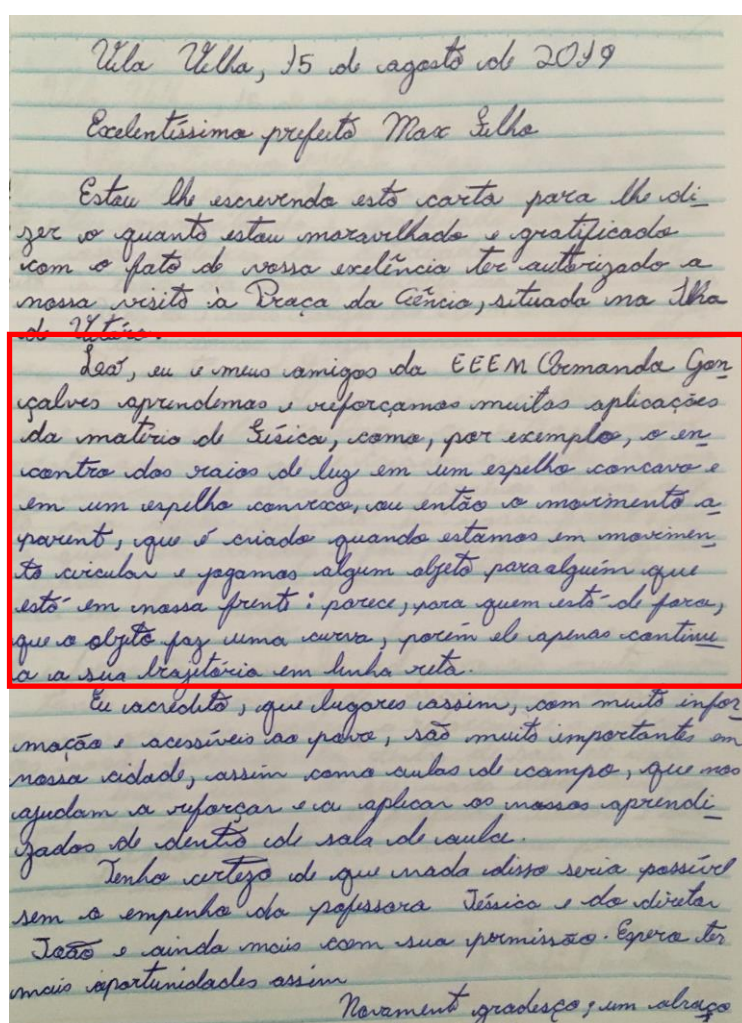


Figura 31: Carta 1 – Novos saberes

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

¹⁶ Dos 28 estudantes que compõe a turma 26 foram a aula de campo, e dentre esses 26 alunos 24 escreveram a carta.

Lê-se:

“Lá, eu e meus amigos da EEEM Ormanda Gonçalves aprendemos e reforçamos muitas aplicações da matéria de Física, como, por exemplo, o encontro dos raios de luz em um espelho côncavo e em um espelho convexo, ou então, o movimento aparente que é criado quando estamos em movimento circular e jogamos algum objeto para alguém que está a nossa frente: parece, para quem está de fora, que o objeto faz uma curva, porém ele apenas continua em sua trajetória em linha reta. ”

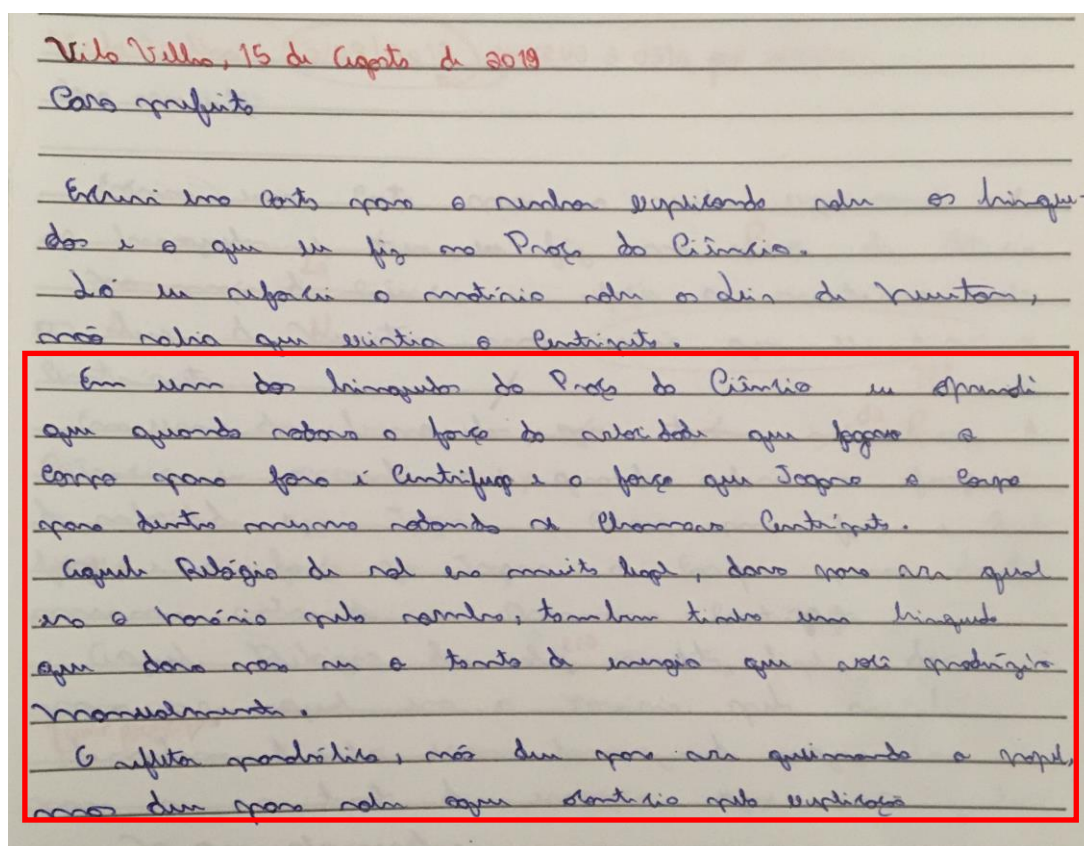


Figura 32: Carta 2 – Novos saberes

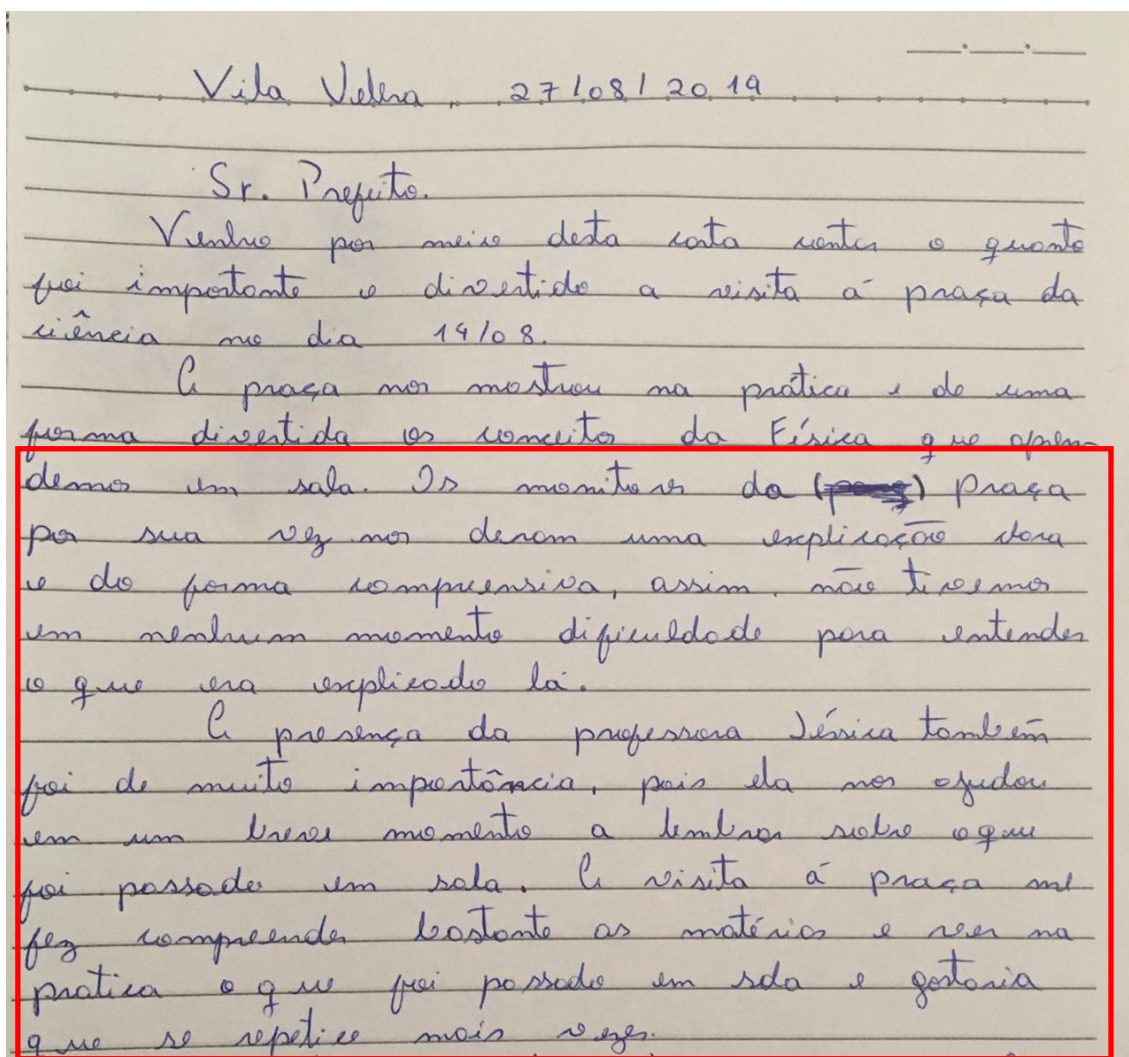
Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Lê-se:

“Em um brinquedo da Praça da Ciência eu aprendi que quando rodava a força da velocidade que jogava o corpo para fora é centrífuga e à força que jogava o corpo para dentro mesmo rodando se chama centrípeta. Aquele relógio de sol era muito legal, dava para ver qual era o horário pela sombra, também tinha um brinquedo que dava para ver o tanto de energia que você produzia

manualmente. O refletor parabólico, não deu para ver queimando o papel mas deu para saber que acontecia pela explicação”

As duas cartas a seguir, figura 27 e 28, têm um caráter social, os estudantes escrevem sobre a importância da vivência nesses espaços e sua articulação com a escola. Um aluno dedica a carta ao prefeito de Vila Velha e o outro não explicita para qual prefeito escreveu a carta.



Vila Velha, 27/08/2019

Sr. Prefeito.

Venho por meio desta carta contar o quanto foi importante e interessante a visita à praça da ciência no dia 19/08.

A praça nos mostrou na prática e de uma forma interessante os conceitos da Física que aprendemos em sala. Os monitores da (praça) praça por sua vez nos deram uma explicação clara e de forma compreensiva, assim não tivemos em nenhum momento dificuldade para entender o que era explicado lá.

A presença da professora Jéssica também foi de muito importância, pois ela nos ajudou em um breve momento a lembrar sobre o que foi passado em sala. A visita à praça me fez compreender bastante as matérias e ver na prática o que foi passado em sala e gostaria que se repetisse mais vezes.

Figura 33: Carta 3 – Importância da visita

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Lê-se:

“Os monitores da praça por sua vez nos deram uma explicação clara e de forma compreensiva, assim não tivemos nenhum momento de dificuldade para entender o que era explicado lá. A presença da professora Jéssica também foi

de muita importância, pois ela nos ajudou em um breve momento a lembrar sobre o que foi passado em sala.”

15 de Agosto, Vila Velha.

Prezado Prefeito de Vila Velha

Estou aqui por esta carta para dizer que estamos aprendendo novos conceitos, aprendemos várias coisas na aula de campo em que fomos à praça da ciência. Essa aula de campo teve uma grande importância para nós, pois o aluno não aprende só olhando para o quadro e ouvindo os professores falarem. Aqui em Vila Velha devemos ter mais eventos da praça como esta que possam transmitir mais aprendizado para os alunos. Cada aluno e colega conseguiu guardar grandes conhecimentos que podem levar para a vida toda. A educação é muito importante para todos e o senhor sabe disso mais do que todos. Então essa carta foi para dizer que na escola "Ornato da Gonçalves" os alunos estão a cada dia tendo mais conhecimento.

Obrigado pela Atenção

Figura 34: Carta 4 – Importância da visita

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Lê-se:

“Essa aula de campo teve uma grande importância para nós, pois o aluno não aprende só olhando para o quadro e ouvindo os professores falarem. Aqui em Vila Velha devemos ter mais eventos ou praça como esta que possam transmitir mais aprendizado para os alunos. Cada aluno e colega conseguiu guardar grandes conhecimentos que podem levar para a vida toda. A educação é muito importante para todos e o senhor sabe disso mais do que todos.”

Esse momento da SEI durou seis aulas, cinco¹⁷ aulas destinadas à atividade da Praça da ciência e uma aula ao momento de sistematização e escrita das cartas.

3.5.5. Momento 5: A lata mágica

Iniciei a aula fazendo uma brincadeira com os alunos, lhes disse que além de professora de física também sabia alguns truques mágicos. Um dos meus truques era fazer minha lata de estimacão me obedecer. Expliquei que eu jogaria a lata sobre a mesa e quando eu a chamasse de volta ela voltaria. Os alunos, evidentemente, duvidaram da “mágica” e ficaram a espera.

Ao lançar a lata sobre a mesa e a lata voltar, uma euforia surgiu dentro da sala, repeti o experimento duas ou três vezes e falei que aquilo não era mágica nenhuma, mas ciência.

Em seguida propus a situação problema: *Como podemos explicar funcionamento da lata? O que tem dentro dela para que ela funcione dessa forma?*

Permiti que os estudantes manipulassem a lata (sem abrir) para propor suas ideias. A lata foi passando de mão em mão e as ideias foram se agrupando até chegaram a uma hipótese. No caso desse problema, a única forma de verificar as hipóteses era abrindo a lata, e assim eu fiz.

No momento de sistematização relevei o que tinha dentro da lata e os alunos verificaram suas ideias e conseguiram explicar o funcionamento da lata mágica. Abordei nesse momento quais transformações de energia poderia estar acontecendo ali e trouxe para a aula o conceito de energia potencial elástica.

¹⁷ Das cinco aulas reservadas para atividade fora da escola duas foram destinadas apenas para o deslocamento (uma para ir e outra para voltar).

3.5.6 Momentos da SEI selecionados para análise

Dentre os cinco momentos da SEI os selecionados para as análises foram o momento 3 (A bolinha passa? Ou não passa?) e o momento 4 (Física, fora da escola). A escolha desses momentos para análise está relacionada com os objetivos específicos da pesquisa que, como apresentados na introdução, buscam: compreender os sentidos produzidos pelos estudantes sobre os conceitos associados à energia mecânica e identificar indicadores de práticas epistêmicas e científicas no desenvolvimento da SEI.

O momento 3 trata-se de um momento importante, nele há uma oportunidade de continuidade na construção de saberes e conceitos dos estudantes, iniciados nos momentos 1 e 2. Portanto, essa é uma aula que favorece a sistematização de conceitos referentes à energia mecânica, bem como seu princípio de conservação.

Escolhemos, também, o momento 4, pois ele promove a articulação escola-centro de ciências. Consideramos que a visitação a esses espaços articuladas as propostas didáticas escolares permitem uma interatividade reflexiva dos estudantes. Essa interatividade reflexiva é promovida por meio do acervo desses espaços como os equipamentos/experimentos/brinquedos juntamente com mediadores do local por meio da dialogicidade entre seus saberes passados e presente (NASCIMENTO; COSTA, 2002). Seguindo essa perspectiva, defendemos que a interatividade reflexiva pode promover um estreitamento entre a cultura científica e a cultura escolar, e com isso, estimular o desenvolvimento de práticas típicas da cultura científica. Além disso, pode ser um momento de (re)construção dos conceitos aprendidos na escola, por isso a importância de analisar esse momento.

Para tal usaremos como dados para as análises, os relatórios investigativos, as atividades de sistematização realizadas pelos estudantes durante a intervenção, as interações discursivas gravadas em áudio e vídeo e o diário de campo construído por mim para que fatos importantes do desenvolvimento da atividade pudessem ser descritos ao longo deste trabalho.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Apresentamos a seguir as análises realizadas a respeito da formação de conceitos de energia mecânica, do desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas e da caracterização da aula investigativa. Os três tipos de análises ocorrem de forma concomitante, pois em nosso entendimento não é possível separar desenvolvimento de aula (formação de conceitos e desenvolvimento das PE e PC) da mediação (aula investigativa).

Buscamos compreender a formação de conceitos e a reconstrução de sentidos produzidos pelos estudantes. Para análise nos apropriamos das ideias de Crepalde e Aguiar Jr (2013), Trazzi e Oliveira (2016) e Pereira (2020), que problematizam a formação de conceitos como um movimento do pensamento abstrato ao concreto. Deste modo, concordamos que nesse movimento pode ocorrer “uma hibridização de discursos, científico e cotidiano, nos esforços dos sujeitos em conferir sentidos pessoais e socialmente relevantes aos enunciados abstratos da ciência” (CREPALDE; AGUIAR JR, 2013, p. 299).

Analisamos também o desenvolvimento, por parte dos alunos, das práticas epistêmicas e científicas durante a realização da SEI. Para fazer essa análise nos apoiamos nas ideias de Sasseron (2018) e Sasseron e Duschul (2016), que defendem a escola como um ambiente:

[...] para o debate de ideias, incentivando os alunos a participar das discussões, a avaliar ideias que eles mesmos ou seus colegas propõem e a usar estas ideias para construção de novos pontos de vista contribuem para o estabelecimento de normas sociais da discussão que muito se assemelham às normas sociais para o conhecimento científico (Sasseron e Duschl, 2016, p. 65).

Para subsidiar a análise da mediação e identificar se as aulas se caracterizavam como investigativas, usamos a ferramenta analítica proposta por Coelho e Ambrósio (2019). Segundo os autores, a ferramenta foi “construída para mediar o processo reflexivo” (COELHO; AMBRÓSIO, 2019, p. 509). Por esse motivo, para essa análise, além da utilização da ferramenta é fundamental a reflexão da própria prática como professora mediadora do

processo. Como dados para essa busca, de entendimento da própria prática, utilizamos as próprias narrativas do desenvolvimento da SEI que foram apresentadas na seção 3.5.

4.1 ANALISANDO: A BOLINHA PASSA? OU NÃO PASSA?

Para realização do momento 3 da SEI os estudantes se dividiram em grupos de três a cinco integrantes, isso gerou seis relatórios investigativos (APÊNDICE F). A seguir, apresentamos a análise de três relatórios.

O problema proposto foi: *“Com os materiais disponíveis, como devemos construir um trecho de montanha russa que tenha um looping e que ao soltar uma bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo?”*.

Após solucionarem o problema os alunos deveriam fazer um desenho que representasse sua solução, realizar medidas como altura inicial da queda da bolinha em relação ao solo e diâmetro do looping. Além disso, deveriam responder as seguintes perguntas: Quais as hipóteses levantadas pelo grupo para atingir o objetivo do problema proposto? O que precisa ter o looping para que a bolinha consiga fazer a volta completa?

Todos os grupos conseguiram resolver a situação-problema e fizeram suas anotações no relatório. Para que isso fosse possível, os alunos precisaram discutir entre si como montariam a montanha russa, montá-la efetivamente e testá-la, para só a partir de então, anotarem suas medidas e responderem as perguntas do relatório. A seguir, é possível evidenciar essas atitudes por meio de fotos registradas durante a aula.



Figura 35: Tentativa de construção da montanha

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

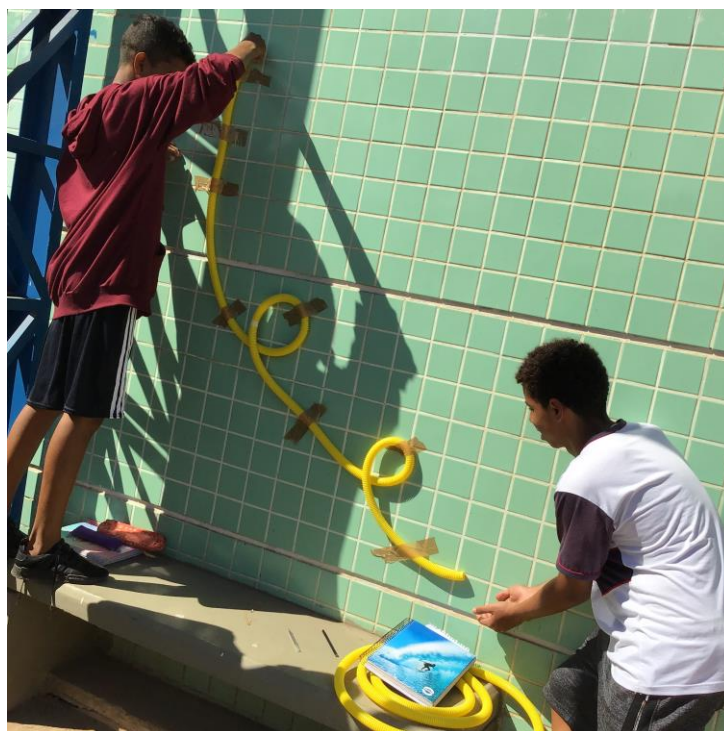


Figura 36: Teste para resolução da situação-problema

Fonte: Acervo dos autores, 2019.



Figura 37: Realização de medidas

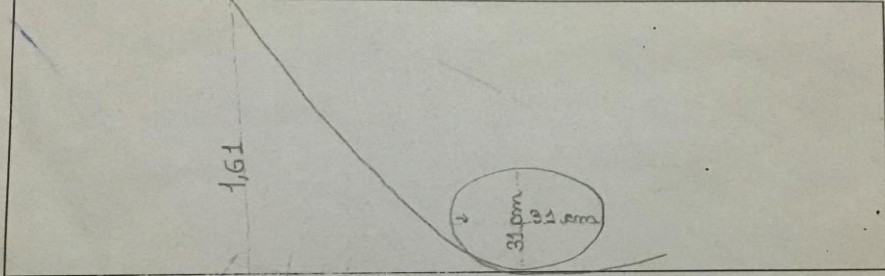
Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Essa mobilidade sinaliza o desenvolvimento das práticas PC2 e PC3, pois os grupos de estudantes precisaram propor e testar hipóteses e realizar medidas. Além disso, manifestaram a resolução do problema com devidas justificativas ao transcreverem suas atitudes nos relatórios. Discutirei¹⁸ a seguir três dos seis relatórios investigativos.

¹⁸ Assumimos novamente a escrita em primeira pessoa, pois nessa parte do trabalho expomos uma análise reflexiva da própria professora mediadora da SEI.

Organize aqui as ideias discutidas em grupo.

Faça um desenho da montanha russa construída pelo grupo que contenha seguintes informações: (a) A altura inicial da montanha russa em relação ao solo e (b) o diâmetro do looping.



Quais as hipóteses levantadas pelo grupo para atingir o objetivo do problema proposto?

Altura bem maior, para que quando for soltar a bola o impulso seja grande

O que precisa ter o looping para que a bolinha consiga fazer a volta completa?

força gravitacional, velocidade

A bolinha passa? Ou não passa? 2º Trimestre_1ª Série EM

Figura 38: Relatório investigativo – grupo 1

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Sobre a primeira e segunda pergunta do relatório lê-se, respectivamente:

“Altura bem maior, para que quando for soltar a bola o impulso seja grande”.

“Força gravitacional, velocidade”.

No caso da primeira afirmação, apesar da definição de impulso não ter acontecido na sala de aula, o grupo apresenta o conceito científico no sentido cotidiano para justificar a volta completa no looping. Eles se apropriam dos sentidos que já possuem para tentar explicar a solução que arranjaram para resolver o problema. Embora haja uma confusão no uso científico da palavra impulso, as hipóteses levantadas pelo grupo foram confirmadas após a realização do experimento.

Na segunda resposta, os estudantes trazem os conceitos força gravitacional e velocidade como algo essencial ao looping para que a bolinha faça a volta completa. Essas são condições essenciais a bolinha, pois o looping não sai do

lugar, é fixo. Isso demonstra uma preocupação do grupo 1 em trazer para escrita do relatório algo que está sendo discutido em sala de aula, mesmo que seja de uma forma ainda diferente do conceito científico e mais próximo dos sentidos não científicos construídos por esses estudantes. Em minha análise como professora pesquisadora, essa prática é claramente uma tentativa dos alunos atribuírem sentido a algo que é abstrato e esse movimento faz parte do processo de formação de conceitos, pois a “palavra está sempre carregada de um conteúdo ou de um sentido ideológico ou vivencial” (CREPALDE; AGUIAR JR., 2013, p. 310).

A seguir apresento o relatório do grupo 2.

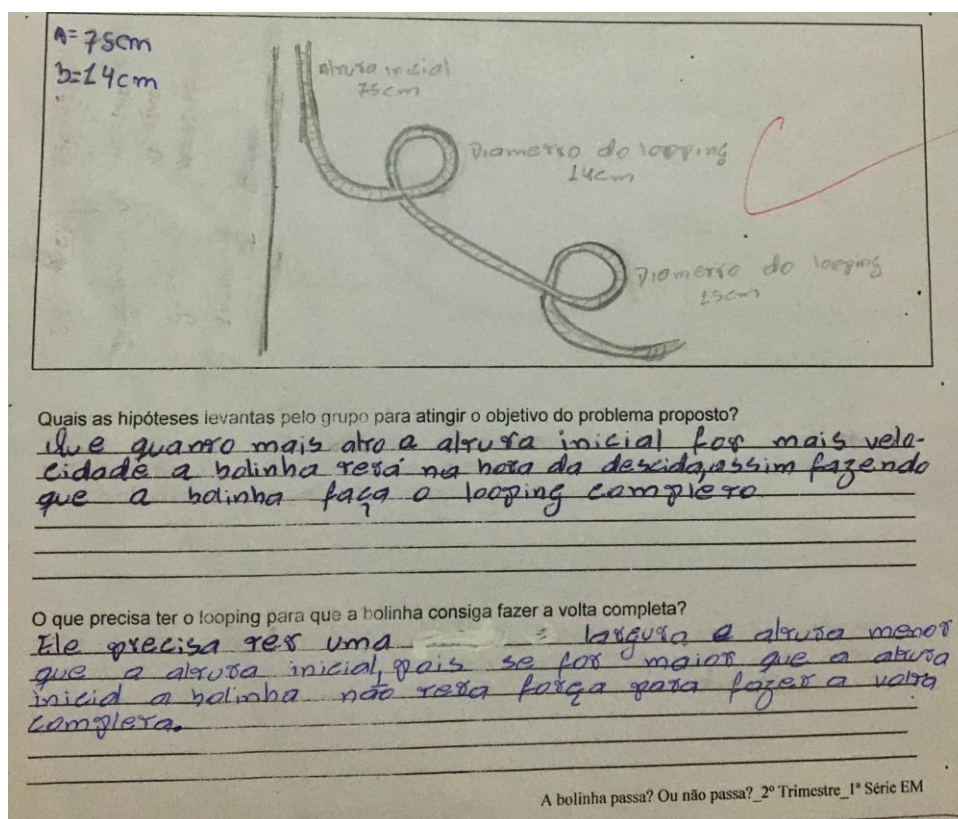


Figura 39: Relatório investigativo – grupo 2

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Sobre a primeira e segunda pergunta do relatório lê-se, respectivamente:

“Que quanto mais alto a altura inicial for mais velocidade a bolinha terá na descida, assim fazendo que a bolinha faça o looping completo”.

“Ele precisa ter uma largura e altura menor que a altura inicial, pois se for maior que a altura inicial a bolinha não terá força para fazer a volta completa”.

Apesar do grupo 2 não relatar as palavras *energia potencial gravitacional* e *energia cinética*, o grupo traz em suas hipóteses uma síntese para justificar a relação direta entre a velocidade que atingirá a bolinha dependendo da altura inicial em que ela se encontra. Mesmo sem trazer termos científicos, para as energias presentes no movimento, o conceito de velocidade foi empregado de acordo com seu significado na frase e utilizado para fortalecer as hipóteses levantadas pelo grupo.

As ideias, como foram apresentadas pelo grupo 2, evidenciam uma possível conexão com o momento 2 da SEI em que discutimos o funcionamento das hidrelétricas, e a relação direta da queda d’água, com o movimento das turbinas. Isso reforça a ideia da construção de conceitos por meio de processos e evidencia o desenvolvimento da prática PC1 como parte desse processo formativo, porque os estudantes trabalham com novas informações para construir explicações.

Ao falar do looping, o grupo 2 enfatiza que este não poderá ter dimensões maior que a altura inicial da montanha russa e acrescenta que caso isso ocorra, a bolinha não terá *força* para completá-lo. Nesse trecho da escrita vejo entrelaçamento entre o discurso científico e o discurso cotidiano, pois, apesar de entenderem as condições ideais para o trajeto completo da bolinha, trouxeram a palavra *força* (que possui vários sentidos no cotidiano como, por exemplo, a ideia de que podemos possuir/armazenar força) ao invés da palavra *energia*, isso é compreensível ao analisarmos o processo de formação de conceitos, afinal, “as ideias científicas não se referem diretamente a objetos, mas a conceitos cotidianos” (CREPALDE; AGUIAR JR, 2013, p. 311).

A seguir apresento o relatório do grupo 3.

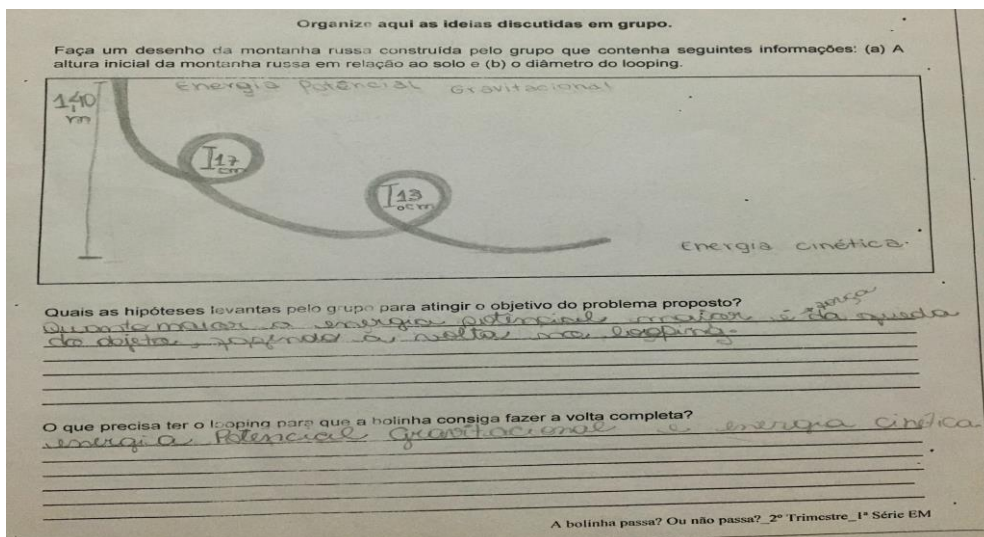


Figura 40: Relatório investigativo – grupo 3

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Sobre a primeira e segunda pergunta do relatório lê-se, respectivamente:

“Quanto maior a energia potencial maior é a força da queda do objeto, fazendo a volta no looping”.

“Energia potencial gravitacional e energia cinética.”

A primeira resposta o grupo 3 menciona os conceitos de energia potencial gravitacional e força. Apesar da força gravitacional ser responsável pela realização do trabalho e, portanto, da transformação de energia potencial gravitacional em cinética, não compreendo que foi nesse sentido que a palavra força foi utilizada. Compreendo que nos sentidos apresentados pelos estudantes, quanto maior for a energia potencial gravitacional, maior será a velocidade da bolinha, ou seja, a palavra força foi utilizada ao invés de velocidade. Isso pode evidenciar que ambos os conceitos científicos ainda estão em processo de ressignificação.

Antes da realização da SEI, no trimestre letivo anterior, os alunos estudaram as Leis de Newton e suas aplicações, portanto, é compreensível que para justificar

algo que os estudantes buscam em seu vocabulário uma palavra que já estejam habituados a falar, neste caso, força.

Na segunda resposta apresentada pelo grupo 3, eles apresentam conceitos científicos de uma forma vaga e sem justificar o que estão relatando. Assim como o grupo 1, o grupo 3 respondeu o que era essencial para que a bolinha conseguisse fazer a volta completa no looping, quando na verdade o que foi perguntado é o que o looping deveria ter, ou seja, como deveria ser, para que a bolinha fizesse o trajeto completo.

Isso mostra que os alunos não compreenderam corretamente a segunda pergunta e que as intervenções feitas ao longo do desenvolvimento da atividade não foram suficientes para a maior compressão do que estava sendo questionado. Sinaliza também a necessidade da reformulação da pergunta na atividade. A resposta dada por eles não está incorreta, mas refere-se à bolinha e não ao looping (como foi perguntado). Portanto, os conceitos estavam ali, e com relação a isso concordo que:

[...] quando o estudante toma conhecimento pela primeira vez do conceito científico (do novo significado da palavra), o processo de desenvolvimento dos conceitos não termina, mas está apenas começando (CREPALDE; AGUIAR JR, 2013, p. 314).

Nesse sentido, as análises dos relatórios evidenciam uma hibridização de discursos com conceitos utilizados corriqueiramente no cotidiano (como força, impulso) e conceitos científicos (como velocidade, energia potencial gravitacional e cinética).

Identifiquei que, ora os estudantes apresentavam conceitos científicos, na forma pensada, mas não traziam a palavra verbalizada, ora os estudantes expressam o conceito verbalizado, mas de forma subjetiva e ainda em fase de reconstrução de sentidos. Isso indica o processo da formação de conceitos durante a realização do momento 3 da SEI por meio desse entrelaçamento de pensamentos e argumentos num movimento de ressignificação de palavras e sentidos. Isto é “apesar de a professora ter o ‘controle do discurso’, do

significado das palavras, ela não controla o movimento dos sentidos que as perpassa" (TRAZZI; OLIVEIRA, 2016, p. 102).

Seguindo essa perspectiva concordo com Crepalde e Aguiar Jr (2013, p.315) ao afirmarem que:

[...] dialeticamente, podemos pensar o desenvolvimento dos conceitos cotidiano e científico como processo que vai da abstração a ascensão ao concreto. O concreto pensado, resultado da reflexão e da elaboração a partir dos conceitos científicos, conduz ao novo concreto, síntese de múltiplas determinações, em um movimento de idas e voltas em espiral.

Consequentemente, compreendo e assumo que formar conceitos (no caso dessa pesquisa associados à energia mecânica) não se resume em fazer uma definição com palavras e/ou formulação matemática, pois dessa forma estaria reduzindo conceituar em traduzir em outra linguagem.

No caso desse momento da SEI (momento 3) a formação dos conceitos acontece de forma concomitante ao desenvolvimento das práticas científicas (PC1, PC2 e PC3), porque essas se mostraram inerentes ao acontecimento das aulas. O desenvolvimento dessas práticas sinaliza que os estudantes trabalharam com novas informações para maior compreensão da situação-problema proposta, por exemplo, ao trazer sentidos produzidos nas aulas anteriores, levantaram hipóteses e testaram para a resolução do problema, e por fim, elaboraram explicações para a resolução atingida pelo grupo por meio da escrita no relatório.

Sobre as práticas epistêmicas não é possível fazer um aprofundamento nas análises, porque para isto as interações discursivas são essenciais, e como as gravações de áudio e vídeo não foram realizadas no momento 3 da SEI, não posso apontar quais foram as práticas epistêmicas desenvolvidas. As interações discursivas não foram gravadas porque durante a realização da aula, no pátio da escola, os grupos ficaram distantes entre si dificultando a captura do áudio.

Para analisar se aula se caracterizou como investigativa utilizei a ferramenta analítica proposta por Coelho e Ambrósio (2019). A ferramenta auxilia a reflexão de minha própria prática durante a realização da atividade, e um olhar direcionado para as interações discursivas, facilitaria esse processo, mas os autores sugerem que a ferramenta “com as devidas adaptações, possa ser utilizada para análise de diferentes aulas desenvolvidas com atividades didáticas e recursos metodológicos” (COELHO; AMBRÓSIO, 2019, p.500), portanto, para a utilização da ferramenta no momento 3 utilizei as análises feitas até aqui e o relato do desenvolvimento da SEI apresentado na seção 3.5.3.

Utilizando a ferramenta analítica¹⁹ e (re)pensando o desenvolvimento do momento 3 com respeito a contextualização, situação-problema, levantamento de hipóteses, estratégia para resolução da situação-problema, análises dos resultados e sistematização, posso afirmar que a aula se caracterizou como aula investigativa de grau 3.

Os indícios para tal afirmação estão presentes: (i) Nos relatórios feitos pelos alunos que demonstram análise de dados e sistematização com maior/ou total investimento por parte dos alunos. Na ferramenta analítica essa situação é caracterizada por A-P; (ii) No meu diário de campo que é composto por minhas narrativas e fotos registradas durante a aula. O diário me auxiliou na indicação de indícios com relação às estratégias para resolução da situação-problema realizada pelos estudantes, representada na ferramenta por A-P; na proposição do problema feita por mim, representada por P, e um momento final de socialização de resultados e sistematização final, representada por P(A).

A seguir apresento alguns trechos do meu diário de campo que me auxiliaram nessa análise:

¹⁹ Vide novamente a Figura 3.

Os estudantes fizeram a divisão dos grupos com até cinco integrantes conforme afinidade da turma e em seguida lancei a situação problema: Com os materiais disponíveis como devemos construir um trecho de montanha russa de modo que esse trecho tenha um looping e que ao soltar a bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo? (Professora-pesquisadora, 08/08/2019).

Cada grupo procurou um local do pátio para construir sua montanha russa, juntos eles levantavam hipóteses e as testavam para resolver o problema proposto. Enquanto cada grupo desenvolvia sua construção eu circulava entre eles os auxiliando no que fosse necessário, mas sem intervir na solução do problema. Quando os estudantes conseguiam resolver me chamavam e mostravam sua resolução (a montanha russa montada e a bolinha sendo solta do ponto inicial e fazendo a volta completa no looping), em seguida faziam entre eles mesmos seu momento de sistematização de ideias e escreviam suas anotações no relatório investigativo.(Professora-pesquisadora, 08/08/2019).

Todos os grupos evidenciaram que o diâmetro do looping deveria ser menor que a altura inicial da montanha russa, relacionaram mais uma vez a dependência da velocidade final (neste caso da bolinha) com a altura inicial da queda. Essas ideias já tinham sido trazidas pelos estudantes no momento anterior na aula sobre o funcionamento das hidrelétricas (Professora-pesquisadora 08/08/2019).

De modo geral posso concluir que o momento 3 da SEI se caracterizou com uma aula investigativa e colaborou para o processo de formação de conceitos a respeito da Energia Mecânica por meio do movimento entre o pensamento abstrato e concreto, e promoveu aos estudantes o desenvolvimento de práticas científicas como PC1, PC2 e PC3.

4.2 ANALISANDO: FÍSICA, FORA DA ESCOLA?

Para que houvesse o melhor desenvolvimento do momento 4 da SEI a turma foi dividida em três grupos, um grupo com 8 alunos e dois grupos com 9 alunos. A atividade foi desenvolvida com um grupo por vez e cada grupo gerou dois relatórios (APENDICE G).

Para as análises apresento as interações discursivas de um dos três grupos. O critério de seleção para escolha envolve a natureza das interações discursivas. Escolhi fazer a análise do grupo que foi mais participativo durante a intervenção. Todos os nomes utilizados nos trechos²⁰ das interações discursivas são fictícios.

Nos posicionamos em frente ao brinquedo²¹ e a atividade se iniciou com a seguinte problematização:

“No equipamento Plano inclinado ao puxar os três seguradores no ponto mais alto e soltá-los o que acontece? Eles chegam ao mesmo tempo? Por que isso acontece?”

²⁰ A numeração a esquerda de cada transcrição foi inserida para nos auxiliar na identificação das falas.

²¹ O brinquedo (Figura 41) utilizado na intervenção é o Plano inclinado, funciona com uma tirolesa. Os seguradores partem do mesmo ponto inicial (piso cimentado de azul), mas possuem alturas iniciais decrescentes, a saber: laranja, azul e vermelho, respectivamente. Na a figura 41 os puxadores estão localizados no ponto final do brinquedo (área de areia). Analisando as energias presentes no movimento dos seguradores do brinquedo temos Epg no ponto inicial e Epg e Ec no ponto final.



Figura 41: Equipamento plano inclinado

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Quadro 3: Interações discursivas sobre o problema 1

Fala	Transcrição
1.	Kelvin: Os três chegariam juntos.
2.	Bia: Não, eu acho que o laranja ia ser mais rápido.
3.	Professora: Por quê?
4.	Dário: Porque ele está mais inclinado.
5.	Bia: Porque ele está mais alto.
6.	Professora: E o que que isso tem a ver?
7.	Dário: Vai ter mais velocidade.
8.	Bia: A inclinação... vai ter mais velocidade e ele vai bater primeiro.
9.	Afonso: Ele também está mais esticado professora.
10.	Bia: E ele também está mais esticado... o cabo.
11.	Professora: Qual seria a ordem?
12.	Bia: Laranja, azul e vermelho.

Inicialmente Kelvin sugere que os seguradores irão chegar ao mesmo tempo, porém, não apresenta nenhuma justificativa para sua hipótese, por outro lado, Bia e Dário defendem que vão chegar em tempos diferentes e justificam suas ideias relatando a inclinação devido a diferença de altura entre os seguradores. Incentivo os alunos a aprofundar no discurso perguntando “E o que que isso tem a ver?” os alunos afirmam que quanto mais alto estiver o segurador, maior será sua velocidade final e por isso vão chegar em tempos diferentes.

A hipótese apresentada pelos estudantes evidencia o entendimento sobre a dependência da velocidade com a altura de queda (com determinado ângulo de inclinação) de um objeto qualquer, “a magnitude da velocidade adquirida é a mesma nos dois casos (qualquer que seja o ângulo Θ), ou seja, só depende da diferença de altura” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 105).

Nesse trecho é possível identificar o desenvolvimento das práticas PE1, PE2, PE3 e PC2. Nas falas 1,2,4,5,7,8 e 12 os estudantes propõem ideias, as comunicam aos demais colegas e avaliam (a ideia apresentada por Kelvin), por fim, apresentam algumas hipóteses para a situação-problema.

Essas evidências contribuem para a interpretação da aula baseada na ferramenta analítica (COELHO e AMBRÓSIO, 2019) e compreendemos que não houve contextualização, a situação-problema foi apresentada por mim, professora, e as hipóteses foram levantadas pelos estudantes e uma dimensão dialógica foi estabelecida com consensos e dissensos.

Antes que os estudantes decidissem testar as hipóteses, outra ideia foi apresentada por outro aluno do grupo como é apresentado a seguir.

Quadro 4: Interações discursivas sobre o problema 1

Fala	Transcrição
13.	Carlos: Ah professora eu acho que vai chegar tudo ao mesmo tempo, tipo aquela explicação que a senhora falou lá na sala. Quando dois objetos de massa diferente [sic] são soltos ao mesmo tempo...
14.	Professora: aaaah! Eles caem juntos... Mas aí é em uma queda.

15.	Afonso: queda livre!
16.	Bia: queda reta... não?!
17.	Professora: Vertical.
18.	Kelvin: eu acho que tem a ver com aquela atividade que a gente e fez da bolinha...
19.	Professora: da montanha russa?
20.	Kelvin: É... a gente tava [sic] vendo que quanto maior a inclinação mais rápido a bolinha vai descer, entendeu? Aqui vai ser a mesma coisa, entendeu?

Carlos fala que acha que os seguradores irão chegar todos ao mesmo tempo e traz como justificativa para sua hipótese a teoria para queda dos corpos ancorada no pensamento de Galileu Galilei. O aluno utiliza comigo a técnica de preenchimento de lacunas, eu compreendo a fala de Carlos e demonstro que recordo do que ele está falando, mas sinalizo que isso se trata de um caso particular, Afonso me auxilia dizendo ao colega “queda livre!”. A minha intervenção nesse momento busca selecionar ideias importantes para a solução do problema e a significação conceitual (MORTMER; SCOTT, 2002)

Em seguida Kelvin parece ter mudado de ideia e apresenta uma opinião divergente da anterior, apresentada por ele no quadro 3. Agora, ele concorda com a maioria e acredita que o segurador mais alto, neste caso o laranja, vai chegar primeiro. Para explicar seu pensamento ele recorda da atividade da montanha russa realizada no momento 3 da SEI. Ele elabora sua justificativa dizendo que assim como na atividade da bolinha, a altura inicial de determinado objeto influenciaria na velocidade final dele, com isso, os seguradores iriam chegar ao final da tirolesa em tempos diferentes.

Na fala de Carlos identifico o desenvolvimento das práticas PE1, PE2 e PC2. Ele propõe e comunica sua ideia e levanta a hipótese de que os seguradores chegarão ao mesmo tempo. Embora a hipótese sugerida por Carlos esteja equivocada com relação aos conceitos físicos, a prática de expressar o pensamento ainda que não tenha certeza de estar certo ou errado é fundamental para uma aula, cuja perspectiva seja a dimensão dialógica. Isso reforça a ideia da construção de conceitos como um processo. No caso de Carlos, apesar de compreender parcialmente a teoria da queda dos corpos,

para ele, esse pensamento ainda é algo abstrato e, portanto, ainda está em construção. Importante ressaltar que tão importante quanto o aparecimento de ideias dos alunos é a avaliação/seleção que fazemos, enquanto professores, dessas ideias para legitimá-las ou ressignificá-las no processo de construção de significados.

Em contrapartida, Kelvin analisa as ideias já apresentadas pelo grupo e extrapola a problematização inicial trazendo outra situação, que no caso é a atividade do momento 3 para relacionar com o que já foi discutido inicialmente e justificar a validade das ideias apresentadas. Identifico na fala de Kelvin o desenvolvimento das práticas PE1, PE2, PE3, PE4 e PC1. Além de propor e comunicar sua ideia, ele avalia as discussões ocorridas no grupo usando novas informações trazidas de aulas anteriores, portanto, trabalha com novas informações para legitimar uma ideia já proposta e ressignificar a hipótese do grupo que agora também é sua. A visitação ao centro de ciências e a interação com o Plano inclinado promoveu a Kelvin uma interação reflexiva. A visitação a esses espaços de educação não formal em interlocução com propostas didáticas permite os estudantes a interatividade reflexiva, isto é, revisitar saberes/sentidos, bem como relacioná-los com o a visita por meio do diálogo com o acervo (NASCIMENTO; COSTA, 2002).

Nesse movimento de ideias iniciado por Kelvin a partir das contribuições dos outros colegas (Bia, Afonso, Carlos), identifico o início de formação de conceitos, ainda sem a palavra verbalizada, a respeito da transformação de energia potencial gravitacional em cinética. A respeito disso, concordo que o conceito “deve ser considerado como processo, não como coisa, ele é um profundo e amplo reflexo do objeto com toda sua diversa complexidade, com seus nexos e relações com a realidade.” (CREPALDE; AGUIAR JR, 2018, p. 310).

Após as discussões, o grupo se propõe a fazer o teste das hipóteses. Primeiramente, eles testam soltar os seguradores ao mesmo tempo do ponto de partida sem ninguém pendurado. Como previsto por eles, os seguradores chegam à respectiva ordem: laranja, azul e vermelho.

Quadro 5: Interações discursivas sobre o problema 1

Fala	Transcrição
21.	Afonso: Aaaah... O laranja chegou primeiro!
22.	Professora: Então como as meninas tinham falado o mais alto chegou primeiro. Como no caso lá da montanha russa, da bolinha. E se a gente colocasse pessoas de massas diferentes... Será que iria acontecer a mesma coisa?
23.	Bia: Eu acho que ia depender do peso agora né...
24.	Afonso: Depender do peso e do impulso.
25.	Bia: E do impulso...
26.	Professora: Como a gente pode testar isso?
27.	Bia: Fazendo...
28.	Afonso: Eu faço aqui agora para você...

Estendo a problematização perguntando se as hipóteses levantadas até o momento seriam válidas se fizéssemos o teste com pessoas de massas distintas penduradas no brinquedo. Bia e Afonso, nas falas 23, 24 e 25, sugerem que nesse novo caso proposto a ordem de chegada dos puxadores será influenciada pelo peso de quem se pendurar e do impulso. Importante salientar que o significado de impulso não foi trabalhado em sala de aula e os alunos trazem consigo os sentidos a respeito dessa palavra. Por outro lado, os conceitos de massa e peso já tinham sido estudados anteriormente.

Nesse discurso identifico uma hibridização de conceitos científicos e cotidianos representados por uma mesma palavra, *impulso*. No caso dessa pesquisa essa é uma evidência favorável a formação de conceitos, pois buscamos durante o desenvolvimento dessa SEI não nos afastar dos sentidos construídos pelos estudantes para ascender o conceito científico, e sim ampliar os sentidos.

Partindo de uma discussão científica podemos considerar que “o impulso de uma força aplicada a uma partícula durante (t_i, t_f) é igual à variação do momento da partícula durante esse intervalo de tempo” (NUSSENZVEIG, 2002, p.170). Apesar de não considerar que o sentido que os estudantes atribuíram ao conceito impulso seja o científico, compreendo que a ideia apresentada

pelos estudantes é coerente. Ainda que eles não tenham estudado este conceito na escola, a força impulsiva dada por eles realmente traria interferências nas descidas dos sujeitos pelo fato do brinquedo não se caracterizar como um sistema conservativo, ou seja, “sistema isolado, no qual apenas forças conservativas causam variações de energia,” (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p. 438).

Nesse trecho do quadro 5, identifico as práticas PE1, PE2 e PC2, pois os estudantes realizam uma proposição de ideias, as comunicam e levantam hipóteses. No quadro a seguir, discuto um pouco mais sobre a nova problematização antes que os estudantes façam o novo teste para incentivá-los a aprofundar na discussão e apresentar suas justificativas para as hipóteses.

Quadro 6: Interações discursivas sobre o problema 1

Fala	Transcrição
29.	Professora: Vocês acham que quem vai chegar primeiro?
30.	Afonso: Eu vou chegar primeiro, vou dar um impulso mais rápido.
31.	Professora: E se não tivesse esse impulso aí... quem chegaria primeiro?
32.	Afonso: Dário porque ele é o mais leve e está no mais rápido.
33.	Bia: A tirolesa dele está mais inclinada e ele é mais leve que os outros.

Com os alunos posicionados para iniciar o teste, pergunto qual deles chegará primeiro, Afonso e Bia, propõem que será Dário e justificam suas hipóteses por Dário está no segurador mais rápido (verificação feita empiricamente por eles anteriormente), além disso ele é a pessoa mais leve. Neste caso, identifico as práticas PE1, PE2, PC1, PC2 e PC3. Os alunos propõem e comunicam suas ideias, eles utilizam o teste feito anteriormente para construir uma explicação para o levantamento de hipóteses. Por uma questão democrática de participação do teste eles decidem trocar alguns dos colegas e se posicionam na seguinte ordem: Dário no laranja, Kelvin no azul e Carlos no vermelho.

Quadro 7: Interações discursivas sobre o problema 1

Fala	Transcrição
------	-------------

34.	Carlos: Ihh...Não vai dar não professora, o Kelvin também tem 61kg.
35.	Professora: Ótimo! Duas pessoas de pesos iguais. A gente vai saber se a massa vai interferir ou não.
36.	Turma: Sem impulso, só levantar o pé....1,2,3 e já!
37.	Professora: A massa interferiu?
38.	Afonso: Interferiu.
39.	Professora: O Dário chegou primeiro, depois o Kelvin e depois o Carlos.
40.	Jaque: O negócio mesmo, então, é só a inclinação. Quanto maior a altura maior a velocidade.
41.	Professora: E a massa?
42.	Afonso: Vai alterar em nada.

Os alunos conversam entre si e verificam que dois alunos que fariam o teste possuíam a mesma massa. Um deles me comunica informação pressupondo que isso seria um problema. Medeio a situação sinalizando que ao invés desse fator atrapalhar, ele pode ser ainda melhor para as conclusões. Antes dos alunos descerem na tirolesa a turma alerta aos colegas que o teste deve ser sem o impulso, pois este interferiria no resultado. Isso demonstra que os estudantes realmente compreenderam a nova questão proposta, que foi a dependência ou independência da massa na velocidade final.

Ao terminar o teste e perguntar sobre a interferência da massa, percebo que o aluno Afonso afirma que sim, dando uma resposta rápida sem analisar os fatos, articulo a fala do aluno às evidências dos dados obtidos dos testes com a frase “o Dário chegou primeiro, depois o Kelvin e depois o Carlos” na expectativa de fazê-lo repensar sua resposta. Antes que Afonso respondesse novamente, a aluna Jaque acrescenta: “o negócio mesmo, então, é só a inclinação. Quanto maior a altura maior a velocidade”. Questiono a ela com relação a massa e Afonso responde pela colega: “Vai alterar em nada”, apresentando uma mudança de pensamento e o entendimento de que a velocidade final dos seguradores é independente da massa das pessoas que estão penduradas nele. Identifico nesse trecho das interações a prática PE3, pois durante nosso

diálogo os alunos avaliaram suas ideias buscando a validade do que foi dito anteriormente por eles.

Os estudantes resumiram a resolução da situação-problema no relatório investigativo. Para isso, eles elaboraram uma justificativa que sistematizou as discussões e testes realizados. Esse fato indica o desenvolvimento da prática PC2 e PC3. Os relatórios investigativos são apresentados²² a seguir.

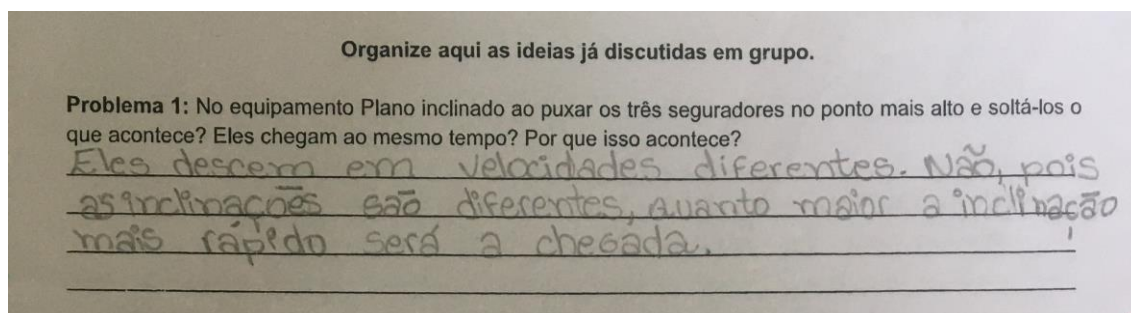


Figura 42: Relatório investigativo - Problema 1

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Lê-se:

“Eles descem em velocidades diferentes. Não, pois as inclinações são diferentes, quanto maior a inclinação mais rápido [sic] será a chegada.”

Essa parte do grupo defende que os puxadores não chegam ao mesmo tempo devido a diferença entre as inclinações deles, sendo que a velocidade será proporcional a inclinação.

Como o próprio nome do brinquedo sugere, podemos considerar o equipamento utilizado na intervenção como um plano inclinado e nesse caso “a massa atinge a base do plano com velocidade v_1 dada por $V_1^2 = V_0^2 + 2gl \sin\theta$, mas $l \sin\theta = h = Z_0 - Z_1$ é a altura do plano inclinado” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 105).

²² Apresento os relatórios nesse momento para dar coerência a seção de análises e discussões, porém durante o desenvolvimento da atividade ele foi respondido pelos estudantes após as discussões dos problemas 1 e 2, ao final da aula, como uma forma de sistematização.

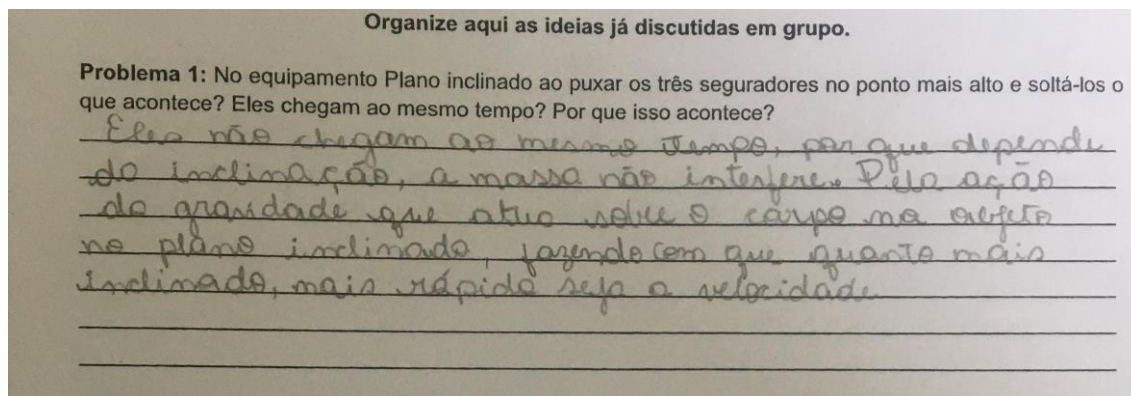


Figura 43: Relatório investigativo - Problema 1

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Lê-se:

“Eles não chegam ao mesmo tempo, porque depende da inclinação, a massa não interfere. Pela ação da gravidade que atua sobre o corpo no objeto no plano inclinado, fazendo com que quanto mais inclinado, mais rápido [sic] seja a velocidade.”

Essa outra parte do grupo também defende que os seguradores não vão chegar ao mesmo tempo devido as inclinações diferentes, e acrescentam que a massa (caso tenha alguém pendurado no brinquedo) não influencia na velocidade. Eles justificam também a influência da força gravitacional no movimento, argumentando que este acontece devido a gravidade que atua no brinquedo puxando-o para baixo. A justificativa dada por eles está correta, uma vez que a “aceleração do movimento ao longo do plano é $a = g \sin \theta$ ” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 105).

O conceito de gravidade já havia sido estudado na escola, mas não foi abordado por mim em nenhum momento da atividade, os alunos resgataram esse conceito no momento de sistematizarem a elaboração do relatório investigativo. Relatam ainda, assim como no outro grupo, a relação entre inclinação e velocidade.

Dando continuidade a atividade, proponho a segunda situação-problema:

“É possível descobrir a velocidade com que cada um dos seguradores chega ao ponto final da descida? Como vocês estimariam a velocidade? Qual a velocidade final?”

Quadro 8: Interações discursivas sobre o problema 2

Fala	Transcrição
43.	Kelvin: Acho que seria aquela fórmula lá da energia potencial gravitacional e energia cinética.
44.	Professora: E quais as energias a gente tem aqui?
45.	Bia: Epg igual Ec.
46.	Dário: Tem energia potencial gravitacional.
47.	Afonso: Tem Energia cinética.
48.	Professora: Aqui nesse momento...
49.	Afonso: Não.... nesse momento só gravitacional
50.	Professora: E lá?
51.	Bia: Cinética
52.	Professora: Só cinética?
53.	Afonso: Não e gravitacional também né...
54.	Professora: Por quê? Como?
55.	Afonso: Gravitacional né professora porque está no alto né... e cinética por causa do prff... [sic] impacto.

O aluno Kelvin levanta a hipótese de que teria como encontrar a velocidade final utilizando as fórmulas de energia. Estimulo os estudantes a interpretarem quais energias estão presentes na atividade que fizemos. Bia, Dário e Afonso sinalizam para as energias potencial gravitacional e cinética. Faço questionamentos para auxiliá-los a identificar em quais situações específicas podemos considerar a presença dessas energias durante o movimento. Juntos, eles me informam que no ponto de partida haverá apenas energia potencial gravitacional, já na descida (na parte em que o segurador bate no fim da tirolesa), haverá energia cinética e potencial gravitacional. Esse raciocínio é justificado na fala 55 do aluno Afonso. Ele usa a palavra *impacto* para explicar

que o objeto estava em movimento e foi parado ao bater no final da tirolesa, que ainda está a uma distância do solo.

Identifico nesse trecho das interações o desenvolvimento das práticas PE1, PE2, porque os estudantes propõem e comunicam suas ideias. Identifico também a PE3, pois partir do nosso diálogo fomentado por meus questionamentos, os alunos avaliam se suas ideias fazem sentido, ou seja, se as energias cinética e potencial gravitacional estão presentes no movimento analisado. Por fim, identifico também a PC1 e PC2, porque os estudantes trabalham com novas informações vindas de outros momentos da SEI e se fundamentam nessas informações para levantar suas hipóteses para resolução da situação-problema proposta.

Após a discussão apresentada no quadro 8, entrego os relatórios investigativos para os estudantes e peço que o grupo se subdivida em dois grupos menores para responderem os relatórios. Cada subgrupo deve escolher um dos seguradores para estimar a velocidade final dele.

Para resolver a situação-problema eles precisaram fazer medidas (PC2) das alturas inicial e final dos seguradores. A seguir, apresento os cálculos de estimativa de velocidade realizada pelos grupos (PC3).

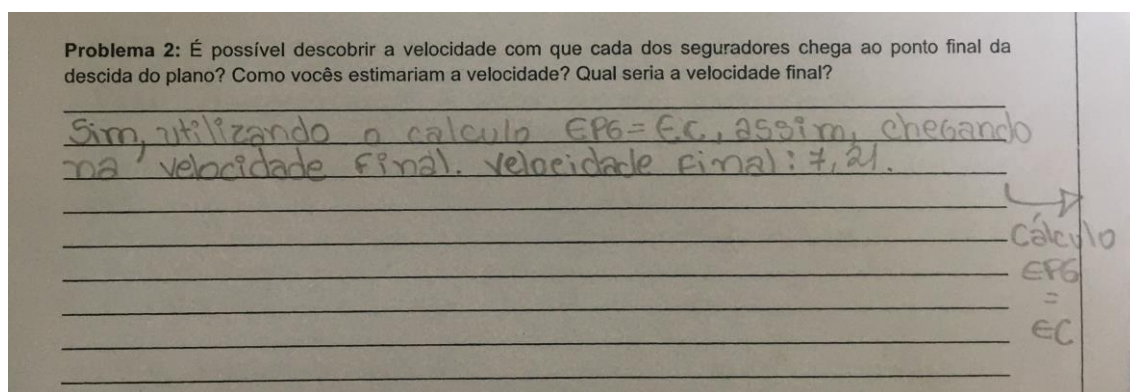


Figura 44: Relatório investigativo - Problema 2

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Handwritten work for Problem 2:

$$\begin{aligned} \cancel{2} \quad EPG &= EC \\ \cancel{m} \cdot g \cdot h &= \cancel{m} \cdot \frac{v^2}{2} \\ 10 \cdot 2,60 &= \frac{v^2}{2} \\ 26 &= \frac{v^2}{2} \\ 26 \cdot 2 &= v^2 \\ 52 &= v^2 \\ \sqrt{52} &= v \\ \underline{\underline{7,21}} &= v \end{aligned}$$

Figura 45: Relatório investigativo - Problema 2

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

A estimativa para a velocidade do puxador vermelho, para essa parte do grupo, é de 7,21m/s (os estudantes esqueceram a unidade de medida no relatório). Eles resolveram o problema igualando a energia potencial gravitacional no início da tirolesa à energia cinética no final dela. Eliminaram a massa da equação e consideraram a aceleração da gravidade igual a 10m/s². A seguir, a estimativa de velocidade do segurador laranja realizada pela outra parte do grupo.

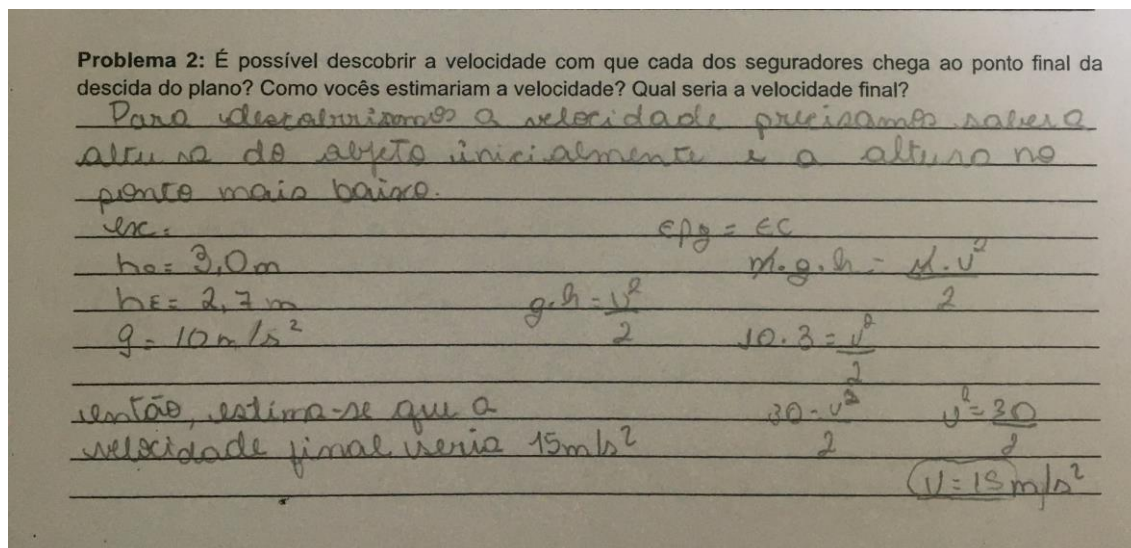


Figura 45: Relatório investigativo - Problema 2

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Essa parte do grupo explica que eles precisaram fazer medidas das alturas inicial e final (PC2) para conseguir estimar a velocidade. Eles de fato fazem as medidas e anotam os dados no canto esquerdo do relatório, mas não utilizam a altura final para efetuar os cálculos. Assim, como o outro grupo, os alunos igualaram as energias potencial gravitacional e cinética, desprezaram as massas e consideraram a gravidade igual a 10m/s^2 . Este grupo ao final da resolução matemática erra um passo simples de equação de primeiro grau no final da conta, com isso, a estimativa deles é de 15m/s^2 (erram também a unidade de medida).

O equipamento Plano inclinado não funciona como um sistema conservativo devido o atrito entre os seguradores e cabo de aço e por causa da resistência do ar. Contudo, utilizar o princípio da conservação de energia para estimar a velocidade final dos seguradores é um caminho aceitável para esses estudantes, visto que eles estão aprendendo esses conceitos e resignificando sentidos no desenvolvimento da SEI. Além disso, devo considerar que não temos, a nossa disposição, um sistema ideal para abordar esse conteúdo. Portanto, o raciocínio de articular os conceitos de energia ao Princípio de Conservação para resolver a situação-problema, ainda que fora do sistema ideal, é uma prática admissível.

Entretanto, ambos os grupos, ao utilizarem o Princípio de conservação não chegaram à equação esperada, uma vez que o referencial adotado por eles é o solo. Apesar de parecer nas interações discursivas que os alunos tinham identificado as energias presentes nos pontos inicial e final, isto é, energia potencial gravitacional no início e energia potencial gravitacional e cinética no final, no momento de efetuar os cálculos os estudantes ausentaram a energia potencial gravitacional no final do movimento.

Analisando o Plano inclinado e utilizando o Princípio de Conservação da energia mecânica, isto é, considerando que “a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas a soma das duas energias, a energia mecânica do sistema, não pode variar” (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p.438), a velocidade final de qualquer um dos seguradores deveria ser estimada por:

$$E_{pg} = E_{pg} + E_c$$

$$m \cdot g \cdot h_i = m \cdot g \cdot h_f + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$g \cdot h_i = g \cdot h_f + \frac{v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2g(h_i - h_f)}$$

Figura 46: Equação para resolução do problema 2

Fonte: Acervo dos autores, 2019.

Embora eles não tenham estimado a velocidade pela equação²³ esperada, os estudantes discutiram, realizaram medidas, levantaram hipóteses, resolveram a situação-problema (estimaram a velocidade, ainda que incorreta) e ao final elaboraram justificativas baseadas nos dados obtidos por eles. Em síntese, a segunda problematização do momento 4 evidencia o desenvolvimento das práticas PC1, PC2 e PC3.

²³ Vale a pena dizer que esse grupo analisado não conseguiu chegar até a equação correta, mas outros grupos da mesma turma alcançaram tanto a equação esperada quanto resultado.

Ao analisar todo esse momento da SEI com respeito às interações discursivas, relatórios investigativos e narrativas do desenvolvimento de aula em interlocução com ferramenta analítica (COELHO; AMBRÓSIO, 2019), foi possível identificar indicadores que caracterizam o momento 4 da SEI como uma aula investigativa sem contextualização e com foco em conteúdos da Física, representada pela linha 5 da ferramenta (vide novamente a figura 3). Concordo que nesse tipo de aula:

[...] o estudante assume maior responsabilidade no processo de resolução das situações problema e juntamente com o professor exploram ideias, formularam perguntas autênticas, consideram e trabalham diferentes pontos de vista nos diferentes momentos do desenvolvimento da atividade investigativa (COELHO e AMBRÓSIO, 2019, p. 502).

As análises me permitem assentir que a atividade proposta corroborou para o desenvolvimento das práticas epistêmicas (PE1, PE2, PE3 e PE4) e científicas (PC1, PC2 e PC3), bem como o processo de formação de conceitos para o conteúdo de energia mecânica.

Porém, não posso afirmar que tudo isso seja uma potencialidade somente do meio mediacional (SEI, brinquedo plano inclinado ou relatório investigativo), pois existe uma tensão irreduzível entre agentes e os meios no qual a mediação se realiza que é fundamentada em uma dimensão dialógica. Isso significa que a abordagem de ensino adotada, neste caso o ensino por investigação, tem uma relação direta com o que foi evidenciado nessa pesquisa e a mediação do professor não pode ser dissociada nesse tipo de atividade, pois é inerente ao processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como discutido na seção de análises e discussões a realização da SEI estimulou os estudantes ao desenvolvimento das práticas científicas e epistêmicas em diferentes momentos da sequência. Com relação à frequência do aparecimento das práticas, foi possível identificar: PE1 (5 vezes), PE2 (5 vezes), PE3 (4 vezes), PE4 (1 vez), PC1 (5 vezes), PC2 (7 vezes) e PC3 (5 vezes). Isto é, houve socialização de ideias, realização medidas e elaboração explicações para os problemas proposto, mas pouquíssima legitimação de ideias. Uma possível justificativa para esse fato pode ser a ausência à forma como as atividades foram sistematizadas (relatórios), ou a necessidade de maior atenção na mediação com relação a essa a prática.

Paralelo ao desenvolvimento das práticas a realização da SEI, bem como a mediação feita por mim, colaborou com a construção de sentidos em relação aos conceitos relacionados à energia mecânica (energia cinética e potencial gravitacional), evidenciado pela movimentação de discursos cotidianos e científicos durante a sequência.

As análises também evidenciaram características típicas de uma abordagem investigativa nos momentos 3 e 4 da SEI. De acordo com a ferramenta de análise, foi possível caracterizar a natureza das aulas como sendo de natureza investigativa.

Deste modo, o objetivo geral dessa pesquisa foi cumprido, que era analisar o processo de construção de conceitos relacionados à energia mecânica e o desenvolvimento de PE e PC em uma SEI. Importante ressaltar que para o cumprimento desse objetivo geral foi preciso cumprir outros objetivos, os específicos. Dentre eles, estava desenvolver e validar uma sequência de ensino investigativa com foco no conteúdo de energia mecânica, para tais referenciais como Munford e Lima (2007), Carvalho (2011; 2013; 2018), Sasseron (2010;2015) foram utilizados no processo de entendimento e elaboração da SEI e as ideias de Guimarães e Giordan (2013) foram ampliadas para a validação.

Em seguida, busquei compreender os sentidos produzidos pelos estudantes durante o desenvolvimento da SEI sobre os conceitos associados à energia mecânica, utilizei as ideias de Crepalde e Aguiar Jr. (2013), Trazzi e Oliveira (2016), Pereira (2020) para auxiliar nessa compressão. Concomitante a essa compreensão, procurei identificar, nas interações discursivas, indicadores de práticas epistêmicas e científicas e características típicas de aulas investigativas. Os trabalhos de Sasseron (2018), Sasseron e Duschl (2016) e Coelho e Ambrósio (2019) trouxeram contribuições essenciais para que esses objetivos específicos da pesquisa fossem cumpridos.

Fazer as análises em três perspectivas²⁴ de forma concomitante e incorporando diferentes referenciais para cada uma das análises, foi uma das tarefas mais difíceis que já realizei como professora. Mas, esse exercício me levou a compreender que um fato é inerente a outro.

No ensino por investigação os estudantes interagem com situações-problema e conseqüentemente, alguns conceitos vão surgindo durante a aula. Com objetivo de resolver os problemas, os estudantes são incentivados a desenvolver algumas práticas. Seja epistêmicas ou científicas, o desenvolvimento delas, no caso dessa pesquisa, dependeram não só da postura dos próprios estudantes, mas também da dialogicidade estabelecida entre eles e eu, ou seja, de uma mediação qualificada.

Não quero, de forma alguma, culpabilizar a figura do professor quando não acontecer o desenvolvimento de alguma das práticas ou pelo difícil e árduo processo de formação de conceitos, muito pelo contrário, estou salientando que a participação do professor, no caso minha, é/foi essencial nas diferentes perspectivas de análises que realizei.

²⁴ Compreensão da formação de conceitos, desenvolvimento de práticas e caracterização do tipo de aula.

A reflexão de minha própria prática, assumindo-me como professora e pesquisadora me fortalece a ideia de que não existe uma receita prática para realizar uma aula investigativa e, portanto, não adianta montar uma estrutura ou sequência de tópicos a cumprir. Assim como a problematização, a mediação é essencial para o desenvolvimento de aulas com essa natureza. Por esse motivo, caracterizar se aula configura ou não como investigativa é um entendimento pós-realização da aula.

Afirmando tudo isso, estou problematizando que se caso a SEI que pensei, planejei, testei, (re)planejei e desenvolvi com meus alunos for realizada por outro grupo (professor e alunos), pode-se obter 'resultados' diferentes aos dados discutidos nessa pesquisa se esse novo grupo simplesmente enxergar a SEI como um passo a passo.

Não poderia finalizar esse trabalho sem enfatizar a rica experiência, além de desafiadora, em articular a escola com um espaço de educação não formal. A visitação desses espaços por si só já traz importantes contribuições aos estudantes, como a divulgação do conhecimento científico e a interatividade reflexiva (NASCIMENTO; COSTA, 2002). Mas, aproveitar esses espaços para dar continuidade ao processo de formação iniciado na escola foi uma experiência imensurável, para além do que discutimos nas análises. Sem contar nas inúmeras declarações de agradecimentos feitas pelos alunos sujeitos de pesquisa, e na cobrança para mais aulas nessa perspectiva.

É claro que é preciso ter cautela para não transformar esses espaços em salas de aula ao ar livre, porque esta não é a finalidade deles e, acredito que, também não é o objetivo de qualquer professor. Tomei ciência de que ampliar os espaços educativos é possível desde que não haja a descaracterização desses locais, mas uma resignificação da visita sem extinguir a ludicidade ou quaisquer outras potencialidades desses ambientes.

E é justamente pela importância que tem os espaços de educação não formal que preciso sinalizar a necessidade de formação profissional para esses espaços, tanto para aqueles profissionais que neles estão (mediadores,

coordenadores pedagógicos), quanto para aqueles que podem e devem utilizar os museus e centros de ciências como parte de seu trabalho ainda que não trabalhe nesses ambientes (professores em todos os níveis de ensino).

Ao final desse trabalho posso apontar quatro implicações. A primeira refere-se ao campo de pesquisa em ensino. Como perspectiva futura, pretendo dar continuidade ao processo analítico sobre tantos outros dados coletados, investigando, por exemplo, as interações discursivas e os relatórios investigativos desenvolvidos por outros grupos no momento 4, ou as cartas escritas ao Prefeito, seja numa visão social ou conceitual no cenário dos espaços de educação não formal, ou ainda as interações discursivas e atividades realizadas em outros momentos da SEI. Pretendo escrever artigos para publicação em periódicos científicos.

A segunda implicação é relativa ao meio educacional. Minha expectativa é que essa pesquisa e o produto educacional²⁵ desenvolvido possam auxiliar outros professores. Que esse trabalho possa servir de inspiração para outros colegas de profissão, seja porque eles lecionam sobre o mesmo conteúdo, ou porque querem abordar o ensino por investigação, ou ainda porque querem incentivar seus alunos ao desenvolvimento de práticas que os aproximem da cultura científica. Para tal, pretendo divulgar a pesquisa na íntegra no repositório da Biblioteca Central da UFES.

A terceira implicação é a social, e está mais direcionada ao momento 4 da SEI. Disponibilizarei a Praça da Ciência e ao Prefeito de Vitória as cartas escritas pelos estudantes após a visita. O objetivo dessa ação é apresentar e destacar as contribuições que esse espaço apresenta para a comunidade que a ela visita. Deixarei disponível também, na Praça da Ciência, o relatório investigativo que elaborei para utilizar com minha turma e as situações-problema propostas para quem façam uso (professores visitantes ou mediadores) se assim quiserem.

²⁵ O produto educacional é a própria SEI descrita com mais detalhes juntamente com disponibilização de todas as atividades de sistematização.

A última implicação, mas não menos importante que as outras, é a pessoal. Ingressar no mestrado me fez voltar a frequentar a universidade e dar continuidade a minha formação, me proporcionou vivenciar novas experiências, aprender novos métodos e teorias, socializar saberes com demais colegas de profissão e participar de eventos acadêmicos divulgando minha pesquisa. Tudo isso me transformou e à medida que o tempo passava, me fez olhar para meu trabalho, como professora, com mais cautela e objetivo. Desde modo, desejo reutilizar o produto educacional, incorporando-o a minha didática para as aulas da 1ª série do EM e me inspirando para elaboração de novos outros projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C; BRITO, F; FERREIRA, J, R; MASSARANI, L; AMORIM L; **Centros e museus de ciência do Brasil**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência: UFRJ. FCC. Casa da Ciência; Fiocruz. Museu da Vida, 2015.

AZEVEDO, Maria Cristina Stella. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa (Org.). **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p.19-33, 2009.

BAUER, M. W; GASKELL, G. Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som: um manual prático. Petrópolis: Vozes, 2002, 516p.

BARCELLOS, L., GERVÁSIO, S., JONIS Silva, M., & COELHO, G. A Mediação Pedagógica de uma Licencianda em Ciências Biológicas em uma Aula Investigativa de Ciências Envolvendo Conceitos Físicos. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 2019, v.19, p. 37-65.

CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1025-1059, 2018.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013, 152p.

CARVALHO, A.M.P. **Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas – (SEI)**. O uno e o diverso na educação. Uberlândia SP. Edufu, 2011.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

COELHO, G. R; AMBRÓSIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: uma experiência da Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 490-513, ago. 2019.

COELHO, G. R; BREDA, V. de C; BROTTTO, T.R. de A. Atividades em um centro de ciências: motivos estabelecidos por educadores, suas concepções e articulações com a escola. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 42, n.1, p. 525-538, abr./jun. 2016.

CREPALDE, R. dos S; AGUIAR JR, O, G. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: Da energia pensada à energia vivida. **Investigações em Ensino de Ciências** – V18(2), pp. 299-325, 2013.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R., Pinheiro, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Caderno de Educação**, Pelotas, p. 57-67, ago. 2013.

DAMIANI, M. F; **Sobre pesquisas do tipo intervenção**. In: XVI ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino - UNICAMP - Campinas – 2012.

DUSCHL, R. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. **Review of Research in Education**, February 2008, Vol. 32, pp. 268–291.

FERRAZ, A. T; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências** – V22 (1), pp. 42-60, 2017.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa**. 56 ed. Rio de Janeiro/São Paulo. Paz e Terra. 2018.

GUIMARÃES, Y, A, F; GIORDAN, M. **Elementos para Validação de Sequências Didáticas**. IN: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, IX, 2013, Águas de Lindóia, SP, **Atas...**

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WLAKER, J. **Fundamento de Física: mecânica**. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 1V.

KELLY, G.J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. In Duschl, R.A., & Grandy, R. E. (eds.) **Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation**. (pp. 288-291). Rotterdam, Holand: Taipei Sense Publishers.

KELLY, G.; DUSCHL, R A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. IN: **Annual meeting of the National association**

for research in **Science Education**, abril de 2002, Nova Orleans, Louisiana, EUA.

LARROSA, J. **Experiência e alteridade em educação**. Revista Reflexão e Ação, v.19, n2, p. 04-27. 2011.

MARANDINO, M; CONTIER, D. **Educação Não Formal e Divulgação em Ciência: da produção do conhecimento a ações de formação/** organizadores Martha Marandino e Djana Contier. São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 2015. 106 p. il.

MARQUES, A. C. T. L; MARANDINO, M. Alfabetização científica, criança e espaços de educação não formal: diálogos possíveis. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 44, e170831, 2018.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MUNFORD, D; LIMA, M. E. C. de C. e; Ensinar Ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte. v.09 ,n.01 ,p.89-111 jan-jun.2007.

NASCIMENTO, L. de A; SASSERON, L. H. A constituição de normas e práticas culturais nas aulas de ciências: Proposição e aplicação de uma ferramenta de análise. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. v.21. 2019

NASCIMENTO, S. S do; COSTA, C. B. Um final de semana no zoológico: um passeio educativo? **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte. V4, n1, p. 86-99. Jul 2002.

NUSSENZVEIG, H, M. **Curso de Física básica**. 4ªed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 1V.

PARMA, M; BRUGNAGO, E.L; BELLUCCO, A. Replanejando uma sequência de ensino investigativa sobre conservação da energia. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.13, n5, p.92-114. 2018.

PEREIRA, M, M; Sentidos do (e no) Ensino de Física no Ensino Médio: articulações com a teoria histórico-cultural. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 1-5, abr. 2020.

SÁ, E.F; PAULA, H de F e; LIMA, M. E. C de C; AGUIAR, O.G. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências**. In:

Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VI, 2007, Florianópolis, SC, **Atas...**

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física.** In A. M. P. Carvalho (Org.), Ensino de Física (pp. 1-19). São Paulo: Cengage Learning.

SASSERON, L.H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e a escola. **Rev. Ensaio.** Belo Horizonte. v.17 ,n.especial,p.49-67. Nov. 2015.

SASSERON, L. H; CARVALHO, A. M. P de; Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências** – V13(3), pp.333-352, 2008.

SASSERON, L. H; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências** – V21(2), pp. 52-67, 2016.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.** 1061–1085. Dezembro, 2018.

SASSERON, L. H. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 563-567, 2019.

SILVA, F. A. R e. **O ensino por investigação e as práticas epistêmicas: Referências para a análise da dinâmica discursiva da Disciplina “projetos em bioquímica”.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VII, 2009, VII, 2009, Florianópolis, SC, **Atas...**

SILVA JUNIOR, J. M. ; COELHO, G. R. . O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. **CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA**, v. 37, p. 51-78, 2020.

SOLINO, A. P; FERRAZ, A. T; SASSERON, L. H. **Ensino por investigação como abordagem didática: Desenvolvimento de práticas científicas escolares.** In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XXI, 2015, Uberlândia, MG, **Atas...**

TIPLER, P. A; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** - 6ª ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2009. 1V.

TRAZZI, P. S. S; OLIVEIRA, I. M. O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e Respiração celular por alunos em aulas de biologia. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. v.18, n. 1. p. 85-106. jan-abr. 2016.

VIGOTSKI, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

WERTSCH, J. Mind as action. New York: Oxford University Press. 1998. 203p.

APENDICE A – Carta de Anuência da escola



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
EEEM ORMANDA GONÇALVES**

CARTA DE ANUÊNCIA DA ESCOLA

Autorizo a realização da pesquisa intitulada: PROPOSTA DE ENSINO PARA O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. MECÂNICA ARTICULANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NOS ESPAÇOS DE EDUCAÇÃO FORMAL E NÃO FORMAL, realizada pela professora de física Jéssica Adriane de Souza Bodevan e orientada pelo Professor Dr. Geide Rosa Coelho, na EEEM Ormanda Gonçalves situada na Rua Tadeu Rauta s/n, Jardim América – Vila Velha ES. Informado que a pesquisa será única e exclusivamente com as turmas das primeiras séries do Ensino Médio. Como representante da EEEM Ormanda Gonçalves, estou ciente das corresponsabilidades associadas ao projeto de pesquisa, por parte dos pesquisadores, no compromisso do resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa recrutados. Declaro ainda estar ciente da autonomia de cada indivíduo em aceitar ou recusar a participar da pesquisa, independente da anuência que apresento. O descumprimento desses condicionamentos assegura-me o direito de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa. Em caso de dúvidas sobre a adequação dos procedimentos que serão usados, posso entrar em contato, a qualquer momento da pesquisa, com os professores responsáveis pelo desenvolvimento da atividade: Jéssica Adriane de Souza pelos telefones: (27) 30770951 ou (27) 998081214 e por e-mail jessicabodevan@icloud.com e Geide Rosa Coelho pelo telefone: (27) 40092891 ou por e-mail geidecoelho@gmail.com. Declaro ter entendido o conteúdo desse documento, por isso, assino esse termo juntamente com os professores responsáveis.

Vila Velha ES, 06 de fevereiro de 2019.

Geide Rosa Coelho

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

Jéssica Adriane de Souza Bodevan

Profa. Jéssica Adriane de Souza Bodevan

João Pereira dos Santos Neto
Diretor Escolar
Port. Nº 287-S de 22/02/2019

Responsável pela Instituição

APENDICE B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
EEEM ORMANDA GONÇALVES**

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

Solicitamos sua autorização para a utilização de imagens, áudios e/ou atividades realizadas na sala que viemos a produzir como desdobramento atividade realizada na Praça da Ciência para fins acadêmicos. Todas as informações que forem compartilhadas e analisadas irão permanecer em sigilo, assim como os nomes e informações para identificarem o participante. Para identificação do estudante nos textos produzidos, utilizaremos códigos ou pseudônimos. Ressaltamos que esse trabalho não possui fins lucrativos. Desde já agradeço a todos que concordarem com a utilização dessas informações para o processo de formação de novas estratégias para o ensino e aprendizagem em Física e para o desenvolvimento futuros estudos. Se você concordar na disponibilização das imagens, áudios e/ou atividades, posso lhe garantir que: (i) em nossas análises adotaremos procedimentos para preservar a sua identidade e resguardar a sua privacidade, mantendo sigilo e confidencialidade; (ii) se divulgarmos os resultados do estudo em artigos ou eventos adotaremos procedimentos que impeçam que você seja identificado.

Em caso de dúvidas sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando, você pode entrar em contato com os professores responsáveis pelo desenvolvimento da atividade: Jéssica Adriane de Souza pelos telefones: (27) 30770951 ou (27) 998081214 e por e-mail: jessicabodevan@icloud.com. e Geide Rosa Coelho pelo telefone: (27) 40092891 ou por e-mail: geidecoelho@gmail.com.

Declaro ter entendido o conteúdo desse documento, por isso, assino esse termo juntamente com os professores responsáveis.

Vitória, 27 de novembro de 2018.

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

Profª. Jéssica Adriane de Souza Bodevan

APENDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
EEEM ORMANDA GONÇALVES**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Srs. Pais ou Responsáveis:

Como Professores pesquisadores em aulas de Física no Ensino Médio, solicitamos a sua autorização para a utilização de vídeos, áudios e trabalhos que viermos a produzir na sala de aula como desdobramento de diferentes estudos que envolvem desenvolvimento e análise de atividades que buscam aproximar os estudantes de práticas típicas de construção do conhecimento científico (envolvendo experimentação, debates, leitura e produção de textos, simulações, feiras científicas). Todas as informações que forem compartilhadas e analisadas irão permanecer em sigilo, assim como os nomes para não identificarmos o participante. Nos textos produzidos, utilizaremos códigos ou pseudônimos. Ressaltamos que esse trabalho não possui fins lucrativos. Desde já agradeço a todos que colaborarem neste estudo.

Obrigado pela sua atenção!

Professora regente da escola: **Jéssica Adriane de Souza Bodevan**

Professor Orientador da UFES: **Geide Rosa Coelho**

Aluno: _____

() Sim, autorizo. () Não autorizo.

Assinatura do responsável:

APENDICE D - Solicitação de autorização da Seme para utilização da Praça da Ciência na pesquisa.

Vitória ES, 17 de Agosto de 2018.

Prezada Secretária Municipal de Educação

Adriana Sperandio

Eu Jéssica Adriane de Souza Bodevan venho por meio deste documento solicitar vossa autorização para realizar parte da minha pesquisa de Mestrado na Praça da Ciência. Atuo como professora de Física da Rede Pública Estadual no município de Vila Velha e, atualmente, sou aluna de mestrado do Programa de Pós Graduação em Ensino de Física (PPGEFis) na Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Pretendo desenvolver atividades com os alunos da educação básica de forma a ampliar a vivência cultural deles por meio da visita em um espaço de educação não formal, assim como utilizar os equipamentos/experimentos/brinquedos da Praça da Ciência para o ensino de conceitos científicos presentes no currículo escolar. Essa pesquisa está sendo orientada pelo Prof. Dr. Geide Rosa Coelho, lotado no Centro de Educação da UFES, que atua na formação inicial e continuada de professores de Física e Ciências. Diante dessa solicitação segue em anexo a esse documento o resumo de minha pesquisa apresentando de forma sucinta meu embasamento teórico, objetivos de pesquisa e futuras análises e discussões.

Desde já agradeço,

Atenciosamente,


Jéssica Adriane de Souza Bodevan


Geide Rosa Coelho

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
Coordenador Adjunto do PPGEFis/UFES
geidecoelho@gmail.com
SIAP 11.12512

APENDICE E - Autorização da Seme para utilização da Praça da Ciência na pesquisa.



PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA
Secretaria de Educação

AUTORIZAÇÃO

Autorizo o mestranda JESSICA ADRIANE DE SOUZA BODEVAN, regularmente matriculada no curso de **Mestrado do Programa de Pós Graduação em ENSINO DE FÍSICA da Universidade Federal do Espírito Santo-UFES**, realizar a pesquisa PROPOSTA DE ENSINO PARA O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA ARTICULANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NOS ESPAÇOS DE EDUCAÇÃO FORMAL E NÃO FORMAL com o objetivo de desenvolver atividades com os alunos da educação básica de forma a ampliar a vivência cultural no espaço de educação não formal.

Informamos que o pesquisador deverá dialogar com o/a gestor/a da Praça da Ciências, dos/as quais receberá orientações e encaminhamentos devidos para desenvolver a investigação.

Cabe, ainda, a solicitante elaborar Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para ser assinado pelos/as profissionais envolvidos/as na pesquisa recebendo, assim, autorização para utilização dos dados coletados que deverão ser analisados sob a ética da pesquisa científica.

O trabalho final deverá ser encaminhado em arquivo PDF à Gerência de Formação e Desenvolvimento da Educação (GFDE), por meio do e-mail: gfdeinaccricao@gmail.com. A apresentação dos resultados pelo pesquisador poderá ser solicitada pela SEME, a partir das demandas e necessidades de formação na área pesquisada.

As informações coletadas deverão ser utilizadas exclusivamente para a realização da pesquisa acima enfocada, sob o acompanhamento da GFDE.

Vitória-ES, 21 de agosto de 2018


Janine Mattar Pereira de Castro
Subsecretária de Gestão Pedagógica

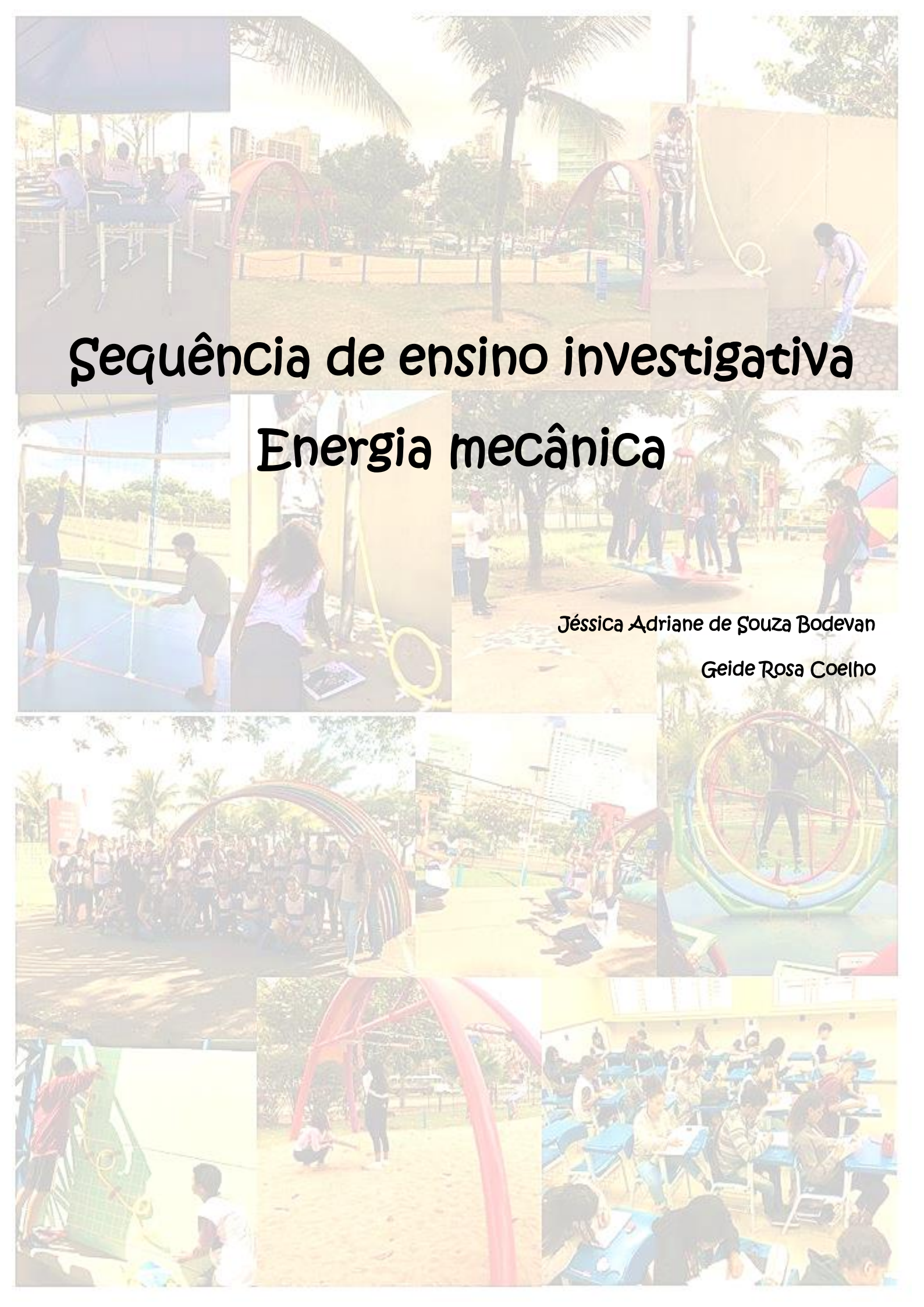
APENDICE F – Relatório investigativo.

	SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO EEEM "ORMANDA GONÇALVES"	
RELATÓRIO INVESTIGATIVO A bolinha passa? Ou não passa?		
ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____		
PROFESSORA: Jéssica Adriane de S. Bodevan DISCIPLINA: Física SÉRIE/TURMA: 1ª M _____ DATA: / / VALOR:		
Problema: Com os materiais disponíveis, como devemos construir um trecho de montanha russa que tenha um looping e que ao soltar a bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo? Organize aqui as ideias discutidas em grupo. Faça um desenho da montanha russa construída pelo grupo que contenha seguintes informações: (a) A altura inicial da montanha russa em relação ao solo e (b) o diâmetro do looping.		
Quais as hipóteses levantadas pelo grupo para atingir o objetivo do problema proposto? _____ _____ _____ _____ _____		
O que precisa ter o looping para que a bolinha consiga fazer a volta completa? _____ _____ _____ _____ _____		
A bolinha passa? Ou não passa? _2º Trimestre_ 1ª Série EM		

APENDICE G – Atividade de Sistematização – Praça da Ciência.

	SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO EEEM "ORMANDA GONÇALVES"	
RELATÓRIO INVESTIGATIVO Física fora da escola?		
ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____ ALUNO (A): _____		
PROFESSORA: Jéssica Adriane de S. Bodevan DISCIPLINA: Física SÉRIE/TURMA: 1ª M _____ DATA: / / VALOR:		
Organize aqui as ideias já discutidas em grupo.		
Problema 1: No equipamento Plano inclinado ao puxar os três seguradores no ponto mais alto e soltá-los o que acontece? Eles chegam ao mesmo tempo? Por que isso acontece? _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____		
Problema 2: É possível descobrir a velocidade com que cada dos seguradores chega ao ponto final da descida do plano? Como vocês estimariam a velocidade? Qual seria a velocidade final? _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____		
Tarefa para casa: Escrever uma carta (de forma individual) ao Prefeito de Vila Velha relatando os novos saberes (conceitos físicos) aprendidos durante a visita e a importância da vivência nesse centro de ciência. (Para casa).		
Aula de Campo – Praça da Ciência_2º Trimestre_1ª Série EM		

APENDICE H – O produto educacional.



Sequência de ensino investigativa

Energia mecânica

Jéssica Adriane de Souza Bodevan

Geide Rosa Coelho



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JESSICA ADRIANE DE SOUZA BODEVAN

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

ENERGIA MECÂNICA

Vitória – ES
Agosto – 2020

SUMÁRIO

Apresentação.....	04
1. ASPECTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS	03
2. ENERGIA MECÂNICA	08
3. SEI	17
3.1 Momento 1: De onde vem a energia?.....	18
3.2 Momento 2: Como funcionam as hidrelétricas?.....	22
3.3 Momento 3: A bolinha passa? Ou não passa?.....	26
3.4 Momento 4: Física, fora da escola?.....	31
3.5 Momento 5: A lata mágica.....	39
REFERÊNCIAS.....	41

Apresentação

Este é o Produto da Dissertação de Mestrado de Jéssica Adriane de Souza Bodevan, orientada pelo Prof. Dr. Geide Rosa Coelho, que foi apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo. O objetivo da pesquisa é analisar o processo de construção de conceitos associados à Energia Mecânica e o desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas em uma sequência de ensino investigativa.

Neste material disponibilizamos um breve capítulo de referencial teórico que discute os aspectos teóricos metodológicos do ensino por investigação (MUNFOR E LIMA, 2007; SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018; COELHO E AMBRÓSIO, 2019), a construção dos sentidos produzidos por estudantes (CREPALDE E AGUIAR JR, 2013; PEREIRA, 2020) e o desenvolvimento das práticas epistêmicas e científicas (SASSERON E DUSCHL, 2016; SASSERON, 2018). Em seguida, apresentamos uma revisão bibliográfica de livros clássicos de Física do ensino superior como Halliday e Resnick (2016), Tipler (2009) e Nussenzveig (2002) para relembrar conceitos de energia mecânica. Por fim, apresentamos a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) elaborada e desenvolvida durante a pesquisa. A disponibilização desse material tem como objetivo compartilhar as experiências durante o desenvolvimento da SEI, bem como as atividades de sistematização que foram utilizadas.

Esse trabalho foi desenvolvido em uma escola pública estadual do município de Vila Velha com alunos da 1ª série do ensino médio regular. As análises foram realizadas por meio da interpretação das interações discursivas gravadas em áudio e vídeo, além da produção escrita dos estudantes das atividades realizadas.

A realização da SEI estimulou os estudantes ao desenvolvimento das práticas científicas e epistêmicas em diferentes momentos da sequência e auxiliou no processo de formação de conceitos relacionados à energia mecânica e também na ressignificação de novos sentidos.

Não almejamos que esse material funcione como um passo a passo para a realização da sequência de ensino, deste modo, assumimos que adaptações são bem-vindas para o desenvolvimento da mesma. Acreditamos na potencialidade de inspirar a elaboração de outras atividades que incorporem o ensino por investigação, visando o desenvolvimento de práticas típicas da cultura científica e promovendo momentos de ressignificação de sentidos aos estudantes.

1. ASPECTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS

O Ensino por investigação e a SEI

Falar em ensino por investigação é falar sobre a construção de conhecimento por intermédio de problematizações em que estudantes, suportados por seus professores, são agentes ativos do processo. O papel do professor é apresentar uma postura que se preocupe com “a liberdade intelectual do estudante, levando-os a trabalhar como um verdadeiro investigador” (SILVA JUNIOR; COELHO, 2020, p. 54).

O ensino por investigação perpassa por uma concepção de educação científica que se aproxima do fazer científico e de certa maneira, aproxima a cultura escolar (estudar os conteúdos de ciências) da cultura científica (estudar/compreender sobre ciência). Estudos acerca dessa abordagem sinalizam que é necessário estimular o ensino mais interativo, aberto a dialogicidade e incorporado com situações (atividades) que tenham a capacidade de engajar os estudantes a construir explicações científicas que sobressaiam os discursos de autoridades de professores (MUNFORD e LIMA, 2007).

Sasseron (2015) salienta que o ensino por investigação extrapola os limites de uma metodologia de ensino adequada somente para conteúdos específicos. Para a autora, o ensino por investigação pode ser assumido em diversos tipos de aulas, desde que o processo de investigação seja colocado em prática. Isso sustenta o fato de assumirmos o ensino por investigação como uma abordagem didática²⁶ e não como um método, pois pode ser articulada a outras estratégias de ensino.

Apesar de buscarmos o protagonismo dos estudantes o professor é elemento fundamental para o desenvolvimento dessa abordagem didática porque sua postura influencia no desenvolvimento do processo educativo, e conforme as problematizações são apresentadas, a condução da aula deve engajar os discentes na participação da construção do conhecimento na sala de aula. É esperado que nessa abordagem os estudantes interajam uns com os outros, com diferentes ideias, com materiais disponíveis (experimentos, textos, imagens, vídeos, entre outros) e com o professor.

A sequência de ensino investigativa (SEI), é um conjunto de aulas ancoradas no ensino por investigação. A SEI precisa trazer condições para construção do conhecimento atrelada às interações sociais aos sujeitos envolvidos, sendo eles alunos e professor. Essas condições são iniciadas por meio da proposição de uma situação-problema pelo professor.

Não consideramos essa sequência como um método de ensino, porque o desenvolvimento de uma SEI não dependerá apenas da forma como é planejada e

²⁶ O ensino por investigação é uma abordagem didática articulada a uma concepção de educação democrática e de ciência como empreendimento público que busca aproximar a aprendizagem em ciências das práticas, normas e linguagem da ciência por meio de atividades problematizadoras que buscam o desenvolvimento da autonomia discente e os insere em um novo contexto discursivo e em outro modo de pensar: que é o modo de pensar da ciência (NASCIMENTO; SASSERON, 2019; SILVA JUNIOR; COELHO, 2020).

organizada, mas também como a mediação pedagógica é estabelecida. Solino e Sasseron (2018) avançam nessa questão ao afirmarem que desenvolver atividades escolares na perspectiva do ensino por investigação é promover o pensamento crítico e científico de maneira distante da mediação normalmente feita em sala de aula

Isso indica que “assumir o ensino por investigação como abordagem no contexto da educação científica requer do professorado uma nova profissionalidade” (COELHO; AMBRÓSIO, 2019, p. 496).

Sentidos produzidos por estudantes

Crepalde e Aguiar Jr (2013) se baseiam em Vigotski (1996; 2000; 2004; 2007; 2009) e Bakhtin (2010; 2011) para afirmar que o conceito é uma generalização, isto é, existem muitos sentidos (entendimentos) em torno de uma palavra enunciada. Em nosso entendimento, os autores sinalizam para o fato de a compreensão ser um movimento entre a palavra dita e a palavra pensada, de modo que uma palavra dita sem a compreensão da tal é apenas uma palavra verbalizada.

Nesse movimento, o conceito científico vai tomando forma não apenas verbalizada, mas principalmente pensada e recriada, contemplando desse modo, uma ascensão do abstrato ao concreto. A ideia não é que os estudantes abandonem suas ideias e pensamentos em uma falsa impressão de evolução, mas que passem por um processo de reconstrução dos próprios pensamentos e palavras. Nas palavras dos próprios autores:

[...] a apropriação do conceito científico se realiza no retorno, em um patamar mais elevado de elaboração conceitual, ao concreto, o que implica uma passagem do concreto dado ao concreto pensado e recriado (CREPALDE e AGUIAR JR, 2013, p. 299).

Crepalde e Aguiar Jr (2013, p. 322) afirmam, a respeito das diferenças entre as culturas cotidiana e científica, que “o cotidiano e o científico fazem conexões, desconexões, se respeitam e desrespeitam, estabelecem monólogos e diálogos, são dependentes e independentes”. Isto é, sujeitos podem produzir novos sentidos, na busca de significados, sem abandonar seu conhecimento anterior.

Sobre as diferenças entre sentido e significado nos apoiamos nas ideias de Pereira (2020), que assume diferentes conceitos para esses termos. A autora problematiza que o conceito de sentido diverge das definições que encontramos no dicionário, bem como o conceito de significado. Reconhecemos que sentidos e significados representam para nós saberes diferentes. O significado é construído e concordado em comunidade específica, a comunidade científica, e apesar de passar por mudanças com o decorrer do tempo, expressa a significação para aquela cultura. Por outro lado, o sentido representa o que são tais significados para um determinado sujeito, ou seja, tem um caráter pessoal (PEREIRA, 2020).

Sem ser reducionista, o sentido é o que se entende/apropria/utiliza (ou não) do significado, e esse sentido apesar de ser pessoal, também está em constante transformação, pois os sujeitos estão em constantes experiências.

Em uma pesquisa empírica Trazzi e Oliveira (2016) concluem que quando os estudantes se apropriam do conceito científico (significado) o desenvolvimento desse conceito não chegou ao fim, ao contrário, ele está apenas começando a ganhar vida e o estudante precisa de tempo para se apropriar dele (TRAZZI; OLIVEIRA, 2016)

Práticas epistêmicas e científicas no ensino de ciências

A construção do conhecimento científico está longe de ser algo trivial. As leis, teorias e postulados os quais nos auxiliam no entendimento e na leitura do mundo passaram por longos processos de construção, testes e validação até serem consolidados e chegarem aos livros e revistas científicas. Isso nos leva a refletir em como a história/processo da construção da ciência é abordada nas aulas de ciências. O que levamos de ciência para salas de aulas além do conteúdo? Não estamos falando de experimentos ou aulas diferenciadas com uso metodologias ativas, estamos problematizando o que se tem de fazer ciência nas aulas de ciências? Será que nossos alunos compreendem como tal conhecimento científico, que às vezes chamamos de conteúdo escolar, foi produzido? Ouso em dizer que não, para muitos deles. Como justificamos no início desse parágrafo, esse fato não é algo trivial.

Na contramão dessa tendência compreendemos que o desenvolvimento de práticas típicas da ciência pode aproximar as culturas escolar e científica. Assumiremos que tais práticas que possibilitam esse processo de enculturação são as práticas chamadas de epistêmicas e científicas.

Referenciais teóricos como Sasseron (2018; 2019), Sasseron e Duschul (2016), Solino, Ferraz e Sasseron (2015) e Silva (2009) dão ênfase a pertinência de identificar práticas típicas da cultura científica durante a realização de atividades escolares. Os autores afirmam que o desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas podem aproximar as culturas escolar e científica e, portanto, auxiliar estudantes a pensar sobre suas ações e tomadas de decisões para além do conteúdo escolar.

Para a compreensão das práticas epistêmicas nos apropriamos das discussões apresentadas por Silva (2009) e Sasseron e Duschul (2016) apoiados nas ideias de Kelly e Duschul (2002) e Kelly (2008), respectivamente, sobre a compreensão de práticas epistêmicas. Os autores propõem que as práticas epistêmicas são práticas presentes principalmente na comunidade científica, sendo elas: a proposição, comunicação, avaliação e legitimação de ideais, isto é, são práticas comumente desenvolvidas em um processo cuja ação é produzir, comunicar e avaliar do conhecimento científico.

Para a compreensão das práticas nos apoiamos nas ideias de Solino, Ferraz e Sasseron (2015), Sasseron (2015; 2018) e Sasseron e Carvalho (2008), que assumem as práticas científicas como ações típicas da cultura científica como: o trabalho com novas informações, o levantamento e teste de hipóteses, a construção de explicações, a elaboração de explicações, limites e previsões de explicações.

Importante ressaltar que apesar de terem características diferentes, ambas ocorrem ao mesmo tempo. Deste modo, assumimos que há uma interdependência entre as práticas. Estamos de acordo que:

[...] as práticas científicas representam ações direcionadas à resolução de problemas, enquanto as práticas epistêmicas associam-se a aspectos metacognitivos da construção de entendimento e de ideias sobre fenômenos e situações em investigação (SASSERON, 2019, p. 3).

Ao almejarmos o desenvolvimento dessas práticas durante as atividades escolares intensificamos a participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento. Tratando-se de aulas que incorporam a abordagem do ensino por investigação, é importantíssimo que haja a participação e engajamento disciplinar produtivo dos estudantes. Para alcançar esses objetivos, o professor oferece o suporte necessário durante todo o processo de construção, participando das discussões e promovendo a continuidade dos debates entre alunos, pois dessa forma pode promover e sustentar o engajamento.

2. ENERGIA MECÂNICA

Na Física, trabalho de uma força é a transferência de energia de um corpo para outro por meio de uma força, e é caracterizado como uma grandeza escalar que pode ser positiva, negativa ou zero (TIPLER e MOSCA, 2009). De acordo com os autores isso significa que, se considerarmos dois corpos quaisquer A e B, e se o corpo A exerce trabalho sobre B de forma que A transfira alguma energia para B, o trabalho realizado por A será positivo e só será negativo se a transferência de energia for de B para A. Se não existir transferência de energia entre esses dois corpos, não haverá realização de trabalho. Desde modo, pode-se afirmar que:

Trabalho é realizado sobre um corpo por uma força quando o ponto de aplicação da força se desloca. Para uma **força constante**, o trabalho é igual à componente da força no sentido do deslocamento vezes a magnitude do deslocamento (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 169).

Essa definição de trabalho é matematicamente representada por:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta x}$$

Desde modo, “o trabalho é tanto maior quanto maior o deslocamento ou a força sob a ação da qual ele se realiza” (Nussenzveig, 2002, p.109). Para casos em que a força é aplicada formando um ângulo θ com o sentido do deslocamento a definição matemática é:

$$W = |F| \cdot \cos \theta \cdot |\Delta x|$$

Em alguns casos específicos a força aplicada não é constante, então, o trabalho é definido como a soma infinitesimal do produto $F(x) \cdot dx$ representado matematicamente por:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} |F(x)| \cdot dx$$

Um exemplo clássico encontrado nos livros de Física do ensino superior para esse caso específico é a aplicação da Lei de Hooke: a força é exercida em uma mola (ou por uma mola) varia conforme o seu deslocamento (ou deformação).

Nussenzveig (2002) exemplificou a relação do trabalho de uma força constante com energia por meio do funcionamento de um “bate-estacas”. Para isso, o autor apresentou duas situações que estão representadas na figura abaixo:

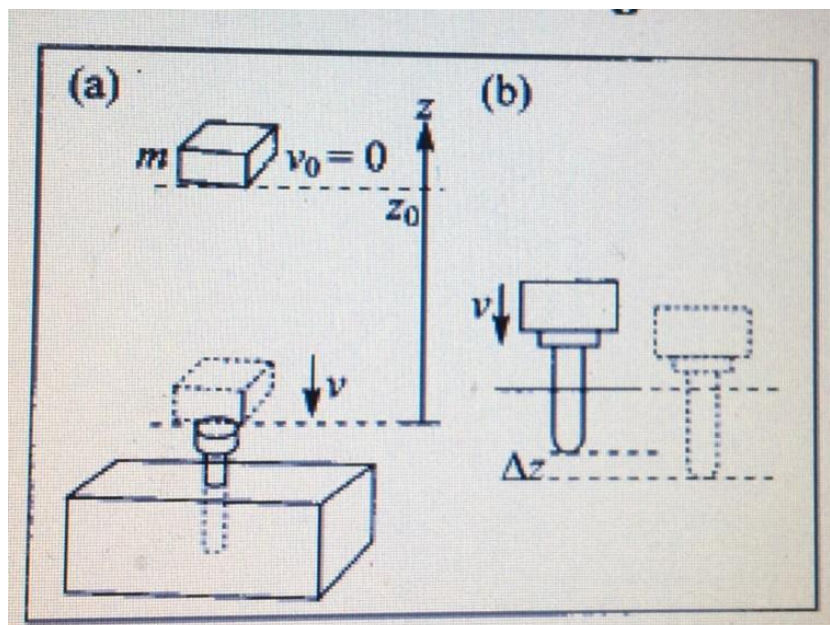


Figura 1: Representação do Bate-estacas

Fonte: Nussenzveig (2002)

Na figura vemos que na parte (a) um bloco de massa m e $V_0 = 0$ está localizado verticalmente a uma altura Z_0 de uma estaca. Em (b) o bloco é solto, e então se descoloca em queda livre adquirindo uma velocidade V , e com a queda, o bloco exerce uma força na estaca e essa força é utilizada para enterrá-lo, no próprio eixo z , de cima para baixo.

Neste exemplo o trabalho realizado pelo bloco sobre a estaca está associado com a energia transferida por ele. No primeiro momento que o bloco está localizado na altura Z_0 ele armazena um tipo de energia denominada de energia potência gravitacional (E_{pg}) e quando o bloco é solto, toda energia potencial gravitacional se transforma em outro tipo de energia, chamada de energia cinética (E_c). No momento em que o bloco empurra a estaca realiza um trabalho sobre ela (trabalho positivo, pois o deslocamento e a força estão no mesmo sentido) e isso só é possível devido à variação de energia do bloco.

Importante dizer que na situação (a) para que o bloco armazenasse E_{pg} houve a transformação de E_c em E_{pg} . O bloco é colocado em movimento (e, portanto, tem energia cinética) até atingir a altura Z_0 (armazena energia potencial gravitacional). Ao considerarmos a estaca como referencial, e o ato de levantar o bloco até a altura desejada, há a realização do trabalho de uma força e, portanto, existe transferência de energia. Neste caso, a transferência ocorre da pessoa que faz o movimento para o bloco.

Sobre essas energias pode-se afirmar que “a energia cinética é a energia associada ao movimento” (TIPLER e MOSCA, 2009, p.171). E “a forma de energia que só depende da posição em que o bloco se encontra chama-se energia potencial gravitacional” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 111).

Formulações matemáticas para energia mecânica

“Quando forças realizam trabalho sobre uma partícula, o resultado é uma variação da energia associada ao movimento da partícula” (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 171). Isto é, se várias forças atuam sobre uma partícula e a somatória dessas forças resulta em diferente de zero, a partícula tende a se mover devido a energia cinética transferida pelo trabalho realizado por essas forças.

Considerando que as forças exercidas sobre uma partícula são constantes, utilizaremos a segunda Lei de Newton para representar, matematicamente, a força aplicada.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Se considerarmos a força constante, logo a aceleração será também constante. Então, para descobrir a velocidade da partícula devido ao movimento associado a essa força utilizaremos a equação de Torricelli.

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

Ao isolar, a aceleração da equação acima temos:

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot \Delta x}$$

Substituindo a equação acima na segunda lei de Newton temos que:

$$F = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot \Delta x}$$

Levando em consideração que para realização de trabalho deve haver deslocamento da partícula nesse processo de transferência de energia, multiplicamos ambos os lados da equação acima por Δx , e chegamos a:

$$F \cdot \Delta x = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2}$$

Isto é:

$$W = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Neste caso, o lado direito da equação representa, matematicamente, a variação da energia cinética. E “W” é o trabalho realizado devido à variação da energia cinética nos momentos final e inicial do movimento. Essa dedução matemática é chamada de Teorema do trabalho-energia cinética.

Portanto, a energia cinética é uma energia associada ao movimento que pode ser calculada a partir da equação:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Nem sempre o trabalho total realizado em um sistema será apenas a variação da energia cinética, haja vista que em alguns casos a energia transferida pela realização do trabalho pode ser armazenada na forma de energia potencial, e essa energia está associada a posições relativas ao sistema, denominada energia potencial gravitacional ou energia potencial elástica (TIPLER e MOSCA, 2009).

No caso da energia potencial gravitacional, levamos em consideração a posição de um objeto em relação ao solo, ou seja, a altura ou outra referência qualquer. Já no caso da energia potencial elástica levamos em consideração a posição da mola, ou seja, a deformação em relação ao seu ponto de equilíbrio (ponto em que a mola não está comprimida nem estirada).

Nesses casos as forças exercidas para realizar o trabalho são a força gravitacional (conhecida como força peso), e a força elástica. Elas, força gravitacional e elástica, são matematicamente descritas como:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}$$

e

$$\vec{F} = -k \cdot \overrightarrow{\Delta x}$$

Chamamos essas forças de **forças conservativas**, elas são conceitualmente definidas como:

Uma força é conservativa se o trabalho que ela realiza sobre uma partícula é zero quando a partícula percorre qualquer caminho fechado, retornando a sua posição inicial (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 199).

Ou seja:

O trabalho realizado por uma força conservativa sobre uma partícula é independente do caminho percorrido pela partícula de um ponto a outro. (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 199).

Para deduzir a equação da energia potencial gravitacional vamos considerar o caso do bloco representado na figura 1. A E_{pg} adquirida pelo bloco é consequente da realização do trabalho de uma força usada para levantar o bloco. Porém, durante a queda do bloco a força que realizará trabalho será a força gravitacional (direção vertical e sentido para baixo) e o módulo do deslocamento (no mesmo sentido da força) é igual a altura em relação ao solo.

Desde modo, para deduzir a formulação matemática para energia potencial gravitacional partimos da equação de trabalho:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} |F(x)| \cdot dx$$

Entretanto, a variação de deslocamento $d\mathbf{x}$ é a própria altura (h) em relação ao solo, como a direção é vertical é mais conveniente representar essa variação por $d\mathbf{y}$, além disso, é importante lembrar que o trabalho é realizado pela força peso, representado por:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}$$

Substituindo a força $\vec{F}$ e variação $d\vec{y}$ na equação do trabalho “W” temos que:

$$W = \int_{y_0}^{y_1} m \cdot g \cdot dy$$

Como “m” e “g” são grandezas constantes elas saem da integral, assim:

$$W = m \cdot g \int_{y_0}^{y_1} dy$$

Logo:

$$W = m \cdot g \cdot dy$$

Entretanto:

Se o ponto de referência da partícula é tomado como $y_i = 0$ e a energia potencial gravitacional correspondente é tomada como $U_i = 0$, a energia potencial gravitacional U quando a partícula está a uma altura h é dada por $U(y)=mgy$. (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 423).

Portanto, a “energia potencial associada a um sistema formado pela Terra e uma partícula nas vizinhanças da Terra é chamada de energia potencial gravitacional” (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p. 423), e pode ser calculada a partir da equação:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

Substituímos y por h , pois estamos considerando um sistema Terra-partícula e, nesse caso, a variação de deslocamento dy (deslocamento vertical) representa a própria altura h em relação ao solo.

Para deduzir a equação da energia potencial elástica o raciocínio é parecido, a força que realiza o trabalho é a força elástica e o deslocamento realizado por essa força é a própria deformação da mola. Observe a figura a seguir.

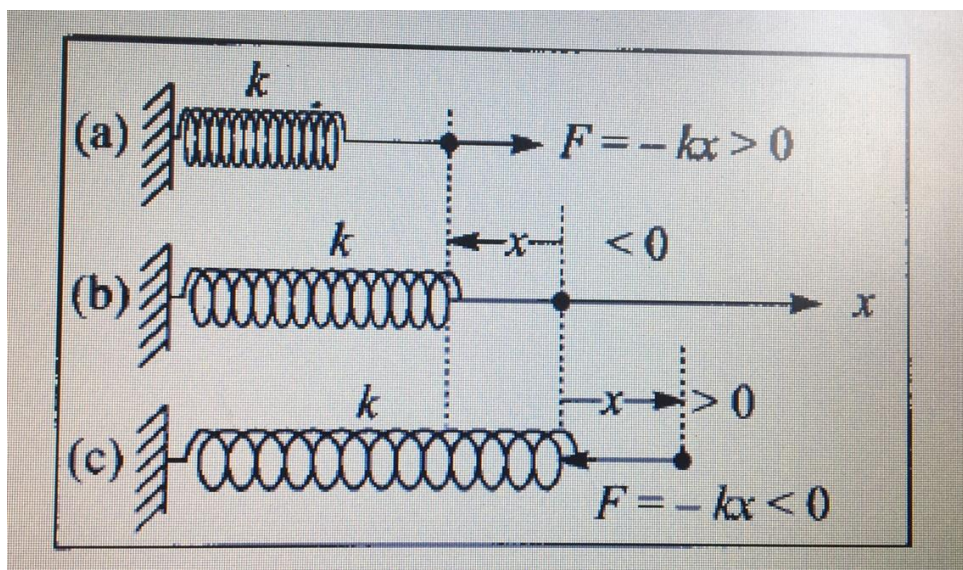


Figura 2: Lei de Hooke, Nussenzveig, 2002, p. 111.

A figura dois representa a três situações distintas de uma mola. Em (b) a mola encontra-se em uma posição de equilíbrio, portanto, a força exercida por ela é zero. Em (a) a mola é comprimida por uma força F , a mola por sua vez exerce uma força contrária à força F e contrária a deformação que ela sofre. Em (c) a mola é distendida por uma força F e a mola por sua vez exerce uma força contrária a F e à sua deformação.

Isso significa que não importa se a mola seja comprimida ou distendida, a força exercida pela mola sempre terá o sinal negativo (-) por se tratar de uma força restauradora, que busca a o equilíbrio do sistema.

Desse modo, ao calcular o trabalho realizado pela força elástica tem-se que:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} -k \cdot x \cdot dx$$

Como “ k ” é constante, logo:

$$W = -k \int_{x_0}^{x_1} x \cdot dx$$

O resultado da integral acima é dado por:

$$W = \frac{-k (x_1^2 - x_0^2)}{2}$$

Convencionalmente adota-se que em x_0 a mola é deformada e que em x_1 estará relaxada, ou seja, tem energia potencial nula (HALLIDAY e RESNICK, 2016). Desse modo, a equação matemática para calcular energia potencial elástica é dada por:

$$E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Isso quer dizer que a “energia potencial elástica é a energia associada ao estado de compressão ou extensão de um objeto elástico” (HALLIDAY E RESNICK, 2016, p. 423)

Princípio de conservação da energia mecânica

A soma das energias de um sistema, sejam elas energia cinética e energia potencial, é chamada de energia mecânica total (TIPLER e MOSCA, 2009). Isto é:

$$E_{mec} = E_c + E_p$$

A energia potencial, E_p , simbolizada na equação acima, pode ser tanto a energia potencial gravitacional, quanto a energia potencial elástica. É preciso analisar cada situação e sistema.

Quando a energia de um sistema se conserva, ou seja, quando as variações de energia não se alteram nos valores inicial e final, chamamos esse sistema de isolado. Nestes casos podemos desprezar as forças dissipativas como resistência do ar e atrito, e temos que:

$$E_{mec} = E_c + E_p = \text{constante}$$

Nesse sentido, concordamos que:

Em outras palavras, quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a energia mecânica final com a energia mecânica inicial do sistema, sem considerar o movimento intermediário e o trabalho realizado pelas forças envolvidas (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 204).

O resultado de qualquer sistema isolado em que apenas as forças conservativas causam variação das energias, cinética e potencial, de forma que não se altera a as energias mecânicas inicial e final, é conhecido como o princípio de conservação da energia mecânica (HALLIDAY e RESNICK, 2016) e é matematicamente representado como:

$$E_{mec\ final} = E_{mec\ inicial}$$

Exemplificando o princípio de conservação de energia mecânica

Para exemplificar a resolução de problemas utilizando o princípio de conservação da energia mecânica apresentamos abaixo o problema 39, do capítulo 7 (Conservação da energia) proposto pelo livro Tipler e Mosca (2009) e sua respectiva resolução.

- 39 • O objeto de 3,00 kg da Figura 7-42 é largado do repouso de uma altura de 5,00 m em uma rampa curva sem atrito. Na base da rampa está uma mola com uma constante de força de 400 N/m. O objeto desliza rampa abaixo e até a mola, comprimindo-a de uma distância x até atingir momentaneamente o repouso. (a) Encontre x . (b) Descreva o movimento do objeto (se ocorrer) após o repouso momentâneo.



FIGURA 7-42 Problema 39

Figura 3: Problema 39 – Conservação de energia

Fonte: Tipler e Mosca (2009)

Iniciamos a resolução dessa questão separando os dados apresentados no problema, sendo eles:

$$m_{objeto} = 3,00 \text{ kg}$$

$$h_{rampa} = 5,00 \text{ m}$$

$$k_{mola} = 400 \text{ N/m}$$

Em seguida, precisamos entender e interpretar a situação problema identificando quais as energias presentes no início e no final do movimento. No caso proposto, o bloco está inicialmente em repouso no alto da rampa, ou seja, possui apenas energia potencial gravitacional (E_{pg}), pois como sua velocidade é zero, sua energia cinética (E_c) também é zero. Ao final do trajeto o bloco está no ponto mais baixo da rampa, novamente em repouso e comprimindo a mola, ou seja, nesse momento o existe apenas energia potencial elástica (E_{pe}). Vamos considerar que as forças de atrito e resistência do ar são desprezíveis ao movimento e, portanto, a energia do sistema se conserva, logo, podemos utilizar o princípio de conservação da energia mecânica.

Partindo desse entendimento, iniciamos a resolução matemática para responder o item (a), temos que:

$$\begin{aligned} E_{mec \text{ final}} &= E_{mec \text{ inicial}} \\ E_{c \text{ final}} + E_{p \text{ final}} &= E_{c \text{ inicial}} + E_{p \text{ inicial}} \\ E_{pe \text{ final}} &= E_{pg \text{ inicial}} \\ \frac{k \cdot x^2}{2} &= m \cdot g \cdot h \\ x &= \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{k}} \\ x &= \sqrt{\frac{2 \cdot 3,00 \cdot 9,81 \cdot 5,00}{400}} \\ x &\approx 0,858 \text{ m} \end{aligned}$$

Ou seja, a mola será comprimida 0,858m após ser atingida pelo bloco. Utilizamos o valor de $g=9,81\text{m/s}^2$, pois os dados fornecidos pelo problema possuem três algarismos significativos.

Para resolver o item (b) precisamos identificar as energias presentes no início e final do movimento. Nesse caso, as energias presentes são potenciais elástica e gravitacional, respectivamente, e que em ambos os casos a energia cinética é igual a zero, desde modo:

$$\begin{aligned} E_{mec \text{ final}} &= E_{mec \text{ inicial}} \\ E_{c \text{ final}} + E_{p \text{ final}} &= E_{c \text{ inicial}} + E_{p \text{ inicial}} \\ E_{pg \text{ final}} &= E_{pe \text{ inicial}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m \cdot g \cdot h &= \frac{k \cdot x^2}{2} \\h &= \frac{k \cdot x^2}{2 \cdot m \cdot g} \\h &= \frac{400 \cdot 0,858^2}{2 \cdot 3,00 \cdot 9,81} \\h &= 5,00 \text{ m}\end{aligned}$$

Logo, se o bloco for empurrado pela mola após o instante de repouso em que o próprio bloco contraiu a mola, ele se movimentará no sentido contrário ao trajeto de origem e subirá novamente ao início da rampa, atingindo a altura de 5,00m. Importante ressaltar que esse valor faz sentido, pois desprezamos as forças dissipativas e consideramos o sistema isolado em que as energias se conservam.

3. SEI

A SEI foi dividida em cinco momentos, preferimos chamar de momentos ao invés de aulas pois cada momento possui tempo de duração diferente, ou seja, é composto uma ou mais aulas (de 55 minutos cada). Durante o planejamento buscamos proporcionar atividades que pudessem promover a aproximação entre as culturas escolar e científica (Munford; Lima, 2007) por meio da problematização.

Para facilitar a compreensão organizamos cada momento com as seguintes informações: nome da aula com tempo de duração, objetivos, contextualização, situação-problema, materiais, sugestão de avaliação e sugestão de desenvolvimento e detalhes críticos da aula.

Os objetivos da SEI foram divididos em: objetivos conceituais; e objetivos epistêmicos e científicos. Para nós os objetivos conceituais dizem respeito a construção de conceitos e/ou sentidos sobre o conteúdo científico em questão, energia mecânica. Já os objetivos epistêmicos e científicos são o próprio desenvolvimento das práticas epistêmicas e científicas apresentadas por Sasseron (2018).

Na sugestão de desenvolvimento e detalhes críticos da aula apresento minha narrativa como professora que desenvolveu a sequência em sala de aula.

3.1 Momento 1: De onde vem a energia?

MOMENTO 1 – De onde vem a energia? Duração: 1 aula.
OBJETIVOS Conceitual: - Identificar as diferentes concepções sobre energia e suas fontes; - Reconhecer o sol como nossa principal fonte de energia; - Identificar os conhecimentos prévios sobre Usinas elétricas. Epistêmicos: - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Científicos: - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.
CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO Utilizamos energia todos os dias e a todo o momento do nosso cotidiano, seja utilizando algum aparelho elétrico, nos exercitando ou enquanto dormimos. O estudo de Energia está presente no conteúdo de Física durante todo o Ensino Médio presente na Mecânica Clássica, Termologia e Eletromagnetismo. Desse modo estudar energia pode nos ajudar a compreender melhor o ambiente em que vivemos.
SITUAÇÃO-PROBLEMA Qual a importância do sol para a existência de vida na Terra? E como podem associar o sol as outras formas de energia?
MATERIAIS Aula de slides, data show, computador e caixa de som.
SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO Produção de texto (individual) entre 10 e 20 linhas respondendo as seguintes questões “De onde vem a energia que utilizamos em nossas casas e outros

ambientes em que vivemos? Existe uma principal fonte de energia a qual sem ela não conseguiríamos sobreviver? O que eu entendo sobre energia e suas transformações?" (Para casa).

SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO E DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Iniciei a aula fazendo a contextualização através de uma aula com slides, fiz alguns questionamentos sobre a origem da energia e onde ela se fazia presente. Apresentei imagens de alguns objetos e a partir dos comentários dos estudantes, questionei se tais fotos representavam energia para eles e por quê. Dentre as imagens havia aparelhos eletrônicos, usinas de energia (hídrica, eólica, solar e termoeletrica), alimentos (naturais e industrializados) e combustíveis.



Figura 4: Slides usados na contextualização do momento 1 da SEI

Fonte: Acervo dos autores

Durante a contextualização perguntei aos alunos a respeito do funcionamento das usinas e a matéria prima utilizada em cada uma delas. Por fim, apresentei três figuras simultâneas: uma lâmpada, o sol e um prato de comida, e perguntei aos alunos qual dessas figuras representava energia de uma maneira mais ampla. Após ouvir as mais diversas respostas, eu propus a situação problema: Qual a importância do sol para a existência de vida na Terra? E como podemos associar o sol a outras formas de energia?

SITUAÇÃO PROBLEMA

Qual a importância do sol para a existência de vida na Terra? Como podemos associá-lo as demais formas de energia?



Figura 5: Slide usado na problematização do momento 1 da SEI

Fonte: Acervo dos autores

Entre uma fala e outra dos alunos, fazia algumas intervenções tentando incentivá-los a repensar a questão-problema. Após algum tempo de discussão, os estudantes chegaram a um consenso de que o Sol é a principal fonte de energia para o planeta Terra e, por isso, é importante para nós. A justificativa para esse consenso partiu da hipótese de que o Sol tem relação direta com as demais fontes de energia que utilizamos, como a energia vinda dos alimentos, energia das hidrelétricas e energia de combustíveis como álcool.

Após a discussão e levando em consideração as possíveis resoluções para situação problema, fiz um momento de sistematização introduzindo em nossa discussão o conceito de transformação de energia. Reforcei as ideias trazidas pelos alunos sobre a relação do Sol com as demais fontes de energia citadas por eles e comentei como o Sol está associado à energia eólica e a energia dos combustíveis como a gasolina, depois, apresentei o vídeo “Ciências – Aula 34”²⁷ do programa telecurso 2000.

²⁷ “Ciências – Aula 34” do programa telecurso 2000. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zMtiR5638Ho>.



Figura 6: Vídeo utilizado para sistematização do momento 1

Fonte: Youtube

Esse momento teve duração de apenas uma aula. Finalizei solicitando aos estudantes que produzissem um texto de forma individual entre 10 e 20 linhas, respondendo as seguintes questões: “De onde vem a energia que utilizamos em nossas casas e outros ambientes em que vivemos? Existe uma principal fonte de energia a qual sem ela não conseguiríamos sobreviver? O que eu entendo sobre energia e suas transformações?”.

3.2 Momento 2: Como funcionam as hidrelétricas?

MOMENTO 2 – Como funciona uma hidrelétrica? Duração: 1 aula.	
OBJETIVOS Conceitual: - Relacionar altura com energia potencial gravitacional e velocidade com energia cinética; - Identificar as transformações de energia; Epistêmicos: - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Científicos: - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.	
CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO O Brasil conta com diversos tipos de usinas voltadas para a produção de energia elétrica. Dentre elas, a usina hidrelétrica é, de longe, a mais popular, em razão do enorme potencial hidráulico do país. Esse tipo de usina é acionada pelo movimento de queda das águas de rios represados. (HELERBROCK, Rafael. "Usinas de eletricidade"; Brasil Escola. Disponível em: https://brasilecola.uol.com.br/fisica/usinas-eletricidade.htm.)	
SITUAÇÃO-PROBLEMA Caso modificássemos o conduto forçado (saída de água) mais para cima ou mais para baixo da barragem, o que aconteceria?	
MATERIAIS Aula de slides, data show, computador e caixa de som.	
SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO	

Produção (individual) de um desenho que apresente a transformação das energias potencial gravitacional e cinética;

SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO E DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Comecei contextualização por meio do vídeo “Por dentro de Itaipu, conheça a hidrelétrica que mais produz energia no mundo”²⁸ do programa Foco ambiental.



Figura 7: Vídeo utilizado para contextualização do momento 2

Fonte: Youtube

Em seguida iniciei uma conversa sobre algumas informações apresentadas no vídeo, como a quantidade de energia produzida na referida Hidrelétrica, como acontece a produção de energia, o que faz o a turbina girar, dentre outras informações e curiosidades mostradas no vídeo.

Apresentei por meio de slides uma figura representativa de uma hidrelétrica e solicitei que os alunos identificassem as partes da usina (reservatório, barragem, turbina, gerador, transformador e redes de distribuição), relacionando os nomes à imagem apresentada.

²⁸ “Por dentro de Itaipu, conheça a hidrelétrica que mais produz energia no mundo” ²⁸ do programa Foco ambiental. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=vq8BUGi_8N8

COMO FUNCIONA UMA HIDRELÉTRICA? Prof.ª. Jéssica Adriane de Souza Bodevan	✶ Vídeo: Por dentro de Itaipu: conheça a hidrelétrica que mais produz energia no mundo. https://www.youtube.com/watch?v=vq8BUGi_8N8&t=15s 
✶ Conversando de acordo com o vídeo... O Brasil utiliza toda a energia produzida na Usina de Itaipu? Como a energia é produzida? O que faz a turbina girar? A altura da barragem tem influencia na produção de energia?	IDENTIFICANDO AS PARTE DE UMA HIDRELÉTRICA  Reservatório - Barragem - Turbina - Gerador - Transformador - Redes de Distribuição

Figura 8: Slides usados na contextualização do momento 2 da SEI

Fonte: Acervo dos autores

Após fazerem essa identificação de forma correta, disparei a situação-problema: Caso modificássemos o conduto forçado (saída de água) mais para cima ou mais para baixo da barragem, o que aconteceria?

Para resolver a situação-problema alguns alunos traziam em suas falas palavras como força, pressão, queda e energia, mas em expressões vagas de significado para uma justificativa de contexto científico como: energia mais forte, descida mais forte, água mais forte e rodar mais forte. Durante a discussão eu fazia pequenas intervenções para que os alunos tentassem ser um pouco mais claros ou específicos nas suas respostas, fazendo questionamentos como: Por que vai girar mais? E você, acha o que? Não entendi bem, será que pode me explicar melhor? Energia o que?

Outros alunos resumiram as ideias trazidas pelos colegas, em seu jargão, e problematizaram uma relação de dependência entre altura do conduto forçado e a velocidade com que a água chegava à turbina, e consequentemente, a produção de energia. Aproveitei as hipóteses dos estudantes para realizar um momento de sistematização, atribuindo os conceitos, e formulação matemática, de energia potencial gravitacional (E_{pg}) e energia cinética (E_c) nas ideias apresentada por eles. Para isso, utilizei a mesma figura que os alunos identificam as partes da usina

para lembrar e rediscutir o conceito de transformação de energia já mencionado no momento 1, anterior.



Figura 9: Slides usados na sistematização do momento 2 da SEI

Fonte: Acervo dos autores

Durante o momento de sistematização, os estudantes questionaram se a transformação de energia mecânica acontece em outros ambientes para além daquele que discutimos na hidrelétrica. Utilizei uma pasta de plástico para exemplificar outras transformações de energia potencial gravitacional em cinética (e vice-versa) ao elevar a pasta até certa altura e soltá-la. O simplório exemplo repercutiu uma série de questionamentos sobre locais que conseguimos visualizar esse tipo de transformação.

Esse momento teve duração de apenas uma aula. Finalizei solicitando que os estudantes fizessem um desenho de alguma situação que acontecesse esse tipo de transformação de energia.

3.3 Momento 3: A bolinha passa? Ou não passa?

MOMENTO 3 – A Bolinha passa? Ou não passa?

Duração: 2 aulas.

OBJETIVOS**Conceitual:**

- Reconhecer energia cinética e potencial gravitacional;
- Relacionar velocidade com a altura; Identificar transformação de energia;
- Estimar energia, velocidade e altura utilizando o princípio de conservação de energia mecânica;

Epistêmicos:

- Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias;

Científicos:

- Trabalhar com novas informações;
- Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema;
- Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

Desenhar uma montanha Russa no quadro.

A montanha russa está presente em diversos parques de diversão, enquanto algumas pessoas amam outras odeiam. Um dos momentos mais esperados é o looping que é a hora que carrinho fica de “cabeça para baixo”.

Porque será que não caímos do carrinho da montanha russa ao passar pelo looping? Será que existe a possibilidade do carrinho cair?

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Com os materiais disponíveis, como devemos construir um trecho de montanha russa que tenha um looping e que ao soltar a bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo?

MATERIAIS

3m de mangueira flexível para fio (aquelas amarelas), bolinhas de gude e fita

crepe.

Lista de exercício (para o momento de sistematização);

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

Após a atividade cada grupo deve entregar um Relatório de Investigação que contenha as ideias discutidas pelo grupo explicando como solucionaram o problema proposto, foto ou desenho da montanha russa elaborada por eles, diâmetro da circunferência do looping e a altura inicial de queda da bolinha.

SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO E DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Desenhei uma montanha russa no quadro e fiz uma contextualização do brinquedo que fica disponível em muitos parques de diversão, inclusive nos parques itinerantes que visitam nossa capital. Perguntei aos estudantes quem já tinha andado de montanha russa e se alguém tinha coragem de levantar as mãos no exato momento que o carrinho passa pelo looping. Alguns alunos responderam que não tinham essa coragem, e outros, que já fizeram isso várias vezes. Expliquei aos alunos que naquela aula nosso problema a ser resolvido tinha relação com aquela temática, mas que para isso eles precisariam se dividir em pequenos grupos e que iríamos desenvolver a atividade no pátio da escola.

Os estudantes fizeram a divisão dos grupos com até cinco integrantes, conforme afinidade da turma, e em seguida lancei a situação problema: Com os materiais disponíveis, como devemos construir um trecho de montanha russa de modo que esse trecho tenha um looping e que ao soltar a bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo?

Já no pátio da escola cada grupo recebeu 3m de mangueira flexível para fio, bolinhas de gude, fita crepe, trena e um relatório investigativo (disponível no APÊNDICE F). Cada grupo procurou um local do pátio para construir sua montanha russa, juntos, eles levantavam hipóteses e as testavam para resolver o problema proposto.

Enquanto cada grupo desenvolvia sua construção eu circulava entre eles os auxiliando no que fosse necessário, mas sem intervir na solução do problema. Quando os estudantes conseguiam resolver, me chamavam e mostravam sua resolução (a montanha russa montada e a bolinha sendo solta do ponto inicial e fazendo a volta completa no looping), em seguida, faziam entre eles mesmos seu momento de sistematização de ideias e escreviam suas anotações no relatório investigativo.



SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
EEEM "ORMANDA GONÇALVES"



RELATÓRIO INVESTIGATIVO

A bolinha passa? Ou não passa?

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

PROFESSORA: Jéssica Adriane de S. Bodevan

DISCIPLINA: Física

SÉRIE/TURMA: 1ª M _____

DATA: / / VALOR:

Problema: Com os materiais disponíveis, como devemos construir um trecho de montanha russa que tenha um looping e que ao soltar a bolinha no início da montanha russa ela faça o looping completo?

Organize aqui as ideias discutidas em grupo.

Faça um desenho da montanha russa construída pelo grupo que contenha seguintes informações: (a) A altura inicial da montanha russa em relação ao solo e (b) o diâmetro do looping.

Quais as hipóteses levantadas pelo grupo para atingir o objetivo do problema proposto?

O que precisa ter o looping para que a bolinha consiga fazer a volta completa?

A bolinha passa? Ou não passa? _2º Trimestre_ 1ª Série EM



Figura 10: Estudantes construindo a montanha russa

Fonte: Acervo dos autores



Figura 11: Estudantes testando a montanha russa

Fonte: Acervo dos autores



Figura 12: Estudantes realizando medidas da montanha russa

Fonte: Acervo dos autores

Todos os grupos evidenciaram que o diâmetro do looping deveria ser menor que a altura inicial da montanha russa. Relacionaram mais uma vez a dependência da velocidade final (neste caso da bolinha) com a altura inicial da queda. Essas ideias já tinham sido trazidas pelos estudantes no momento anterior na aula sobre o funcionamento das hidrelétricas.

Na aula seguinte, ainda pertencente ao momento 3, os estudantes se reuniram novamente com seus respectivos grupos, e pedi que eles compartilhassem comigo e com os demais colegas de classe como resolveram o problema proposto, e assim fizeram. Em seguida, sistematizei a atividade lembrando os conceitos e modelo matemático de energia cinética e potencial gravitacional. Para realizar esse momento de sistematização, desenhei uma montanha russa hipotética no quadro e utilizando o Princípio da Conservação de Energia Mecânica estimei a velocidade final do carrinho. Solicitei que os grupos usassem suas anotações do relatório investigativo, tentassem estimar a velocidade final da bolinha e me devolvessem os relatórios.

Esse momento teve duração de duas aulas, sendo uma aula para a realização da atividade experimental (fora da sala de aula) e outra aula para um momento de sistematização com toda a turma e realização dos cálculos para estimar a velocidade final da bolinha. Finalizei a aula entregando listas de exercícios como tarefa para casa, com problemas conceituais e quantitativos sobre o princípio da conservação de energia mecânica.

3.4 Momento 4: Física, fora da escola?

MOMENTO 4 – Física, fora da escola?

Duração: 6 aulas; (duas aulas destinadas apenas para o deslocamento)

OBJETIVOS**Conceitual:**

- Identificar as transformações de energia mecânica;
- Utilizar o Princípio da Conservação de Energia Mecânica para estimar velocidade final de um objeto;

Epistêmicos:

- Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias;

Científicos:

- Trabalhar com novas informações;
- Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema;
- Construir explicações e justificativas, limites e previsões.

CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

Na escola nós aprendemos que energia está diretamente ligada a nossa vida, vimos que existem vários tipos de energia e que a principal fonte que temos é o Sol. Aprendemos também sobre Energia Mecânica e seu princípio de conservação estudamos sobre energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica. Vimos também que essas energias, assim como outras, se transformam uma em outra. Mas será que conseguimos visualizar isso nas coisas em nosso redor? A Praça da Ciência é um lugar que mistura a ludicidade e aprendizagem. Será que conseguimos identificar a transformação de energia aqui?

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Problema 1: No equipamento Plano inclinado ao puxar os três seguradores no ponto mais alto e soltá-los o que acontece? Eles chegam ao mesmo tempo? Por que isso acontece?

Problema 2: É possível descobrir a velocidade com que cada dos seguradores chega ao ponto final da descida do plano? Como vocês estimariam a velocidade?

Qual seria a velocidade final?

MATERIAIS

Equipamento plano inclinado, trena, balança, papel, lápis, borracha, caderno, livro.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO:

Após a atividade no plano inclinado cada grupo deve entregar um relatório de investigação que contenha as ideias discutidas pelo grupo respondendo as questões da situação problema.

Escrever uma carta (de forma individual) ao Prefeito de Vila Velha relatando os novos saberes (conceitos físicos) alcançados durante a visita e a importância da vivência nesse centro de ciência.

SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO E DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Saímos da escola, de ônibus, com destino a Praça da Ciência. Expliquei aos alunos que a ida ao centro de ciência não se caracterizava como um passeio escolar, mas como uma aula de campo. Porém, eles também teriam momentos livres para explorarem o espaço conforme a curiosidade e o interesse de cada um. Chegando lá, fomos recebidos pelo coordenador pedagógico e pelos mediadores do local, eles se apresentaram e fizeram uma breve explicação sobre a missão daquele espaço, regras e horário de funcionamento. Nossa visita aconteceu das 8h às 11h.

Para o melhor desenvolvimento da atividade pedi que os alunos se dividissem em três grupos, deste modo, cada grupo sempre estaria acompanhado por algum responsável que poderia ser eu ou um mediador da Praça. Iniciei a discussão destacando que a Praça da Ciência é um lugar que mistura ludicidade e aprendizagem e por meio de um diálogo fui lembrando com os estudantes o que tínhamos feito durante o desenvolvimento da sequência. Em seguida, os questioneei se seríamos capazes de visualizar, utilizar ou reinventar o que tínhamos aprendido no contexto escolar em outro ambiente. Depois desse momento cada grupo seguiu com seu responsável, um grupo comigo e os outros dois grupos com os mediadores.

Os grupos que ficaram com os mediadores foram conhecer os equipamentos/experimentos/brinquedos em uma perspectiva mais livre. O roteiro de visita seguido pelos mediadores já tinha sido pré-estabelecido na reunião de preparação da atividade junto comigo, sendo eles: Prato giratório, Girotec, Espelhos, Gerador manual, Refletor parabólico e João Bobo.



Figura 13: Visita guiada pelos mediadores da Praça da ciência

Fonte: Acervo dos autores

Neste momento da visita os estudantes conheciam equipamentos/experimentos/brinquedos que envolviam conceitos já trabalhados em sala de aula e conceitos novos nunca vistos pelos estudantes no contexto escolar.

Enquanto esses dois grupos participavam da visita com os mediadores, o terceiro grupo desenvolvia comigo o momento 4 da SEI em um equipamento específico, o plano inclinado.



Figura 14: Equipamento Plano inclinado

Fonte: Acervo dos autores

Diante desse brinquedo propus as seguintes situações-problema:

Problema 1: No equipamento plano inclinado ao puxar os três seguradores no ponto mais alto e soltá-los o que acontece? Eles chegam ao mesmo tempo? Por que isso acontece?

Problema 2: É possível descobrir a velocidade com que cada um dos seguradores chega ao ponto final da descida do plano? Como vocês estimariam a velocidade? Qual seria a velocidade final?



Figura 15: Problematização no Plano inclinado

Fonte: Acervo dos autores

Para cada situação-problema os alunos apresentavam suas ideias, levantavam suas hipóteses e em seguida faziam seus testes. Durante esse momento, eu fazia pequenas interferências com o objetivo de orientar e dar suporte às discussões e incentivá-los a apresentar e avaliar as mais variadas ideias.

Disponibilizei materiais como: trenas, uma balança simples de aferir massa corporal e uma atividade de sistematização (disponível no APENDICE G), em que os estudantes deveriam relatar tudo o que fizeram para resolver os problemas. Alguns estudantes também utilizaram o cronômetro do telefone celular para realizar medidas.



SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
EEEM "ORMANDA GONÇALVES"



RELATÓRIO INVESTIGATIVO

Física fora da escola?

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

ALUNO (A): _____

PROFESSORA: Jéssica Adriane de S. Bodevan

DISCIPLINA: Física

SÉRIE/TURMA: 1ª M _____

DATA: / / VALOR:

Organize aqui as ideias já discutidas em grupo.

Problema 1: No equipamento Plano inclinado ao puxar os três seguradores no ponto mais alto e soltá-los o que acontece? Eles chegam ao mesmo tempo? Por que isso acontece?

Problema 2: É possível descobrir a velocidade com que cada dos seguradores chega ao ponto final da descida do plano? Como vocês estimariam a velocidade? Qual seria a velocidade final?

Tarefa para casa: Escrever uma carta (de forma individual) ao Prefeito de Vila Velha relatando os novos saberes (conceitos físicos) aprendidos durante a visita e a importância da vivência nesse centro de ciência. (Para casa).



Figura 16: Estudantes realizando medidas

Fonte: Acervo dos autores



Figura 17: Momento em que estudantes se reúnem para estimar a velocidade dos puxadores com as medidas realizadas por eles

Fonte: Acervo dos autores

Durante a visitação fizemos um rodízio entre os grupos e toda turma conseguiu visitar os experimentos pré-estabelecidos e realizar a atividade no plano inclinado. Os estudantes tiveram seu tempo de intervalo preservado e nesse tempo eles ficaram livres para buscar os demais equipamentos do espaço.

O momento de sistematização aconteceu em outra aula, já nas dependências da escola. Pedi que os alunos compartilhassem os resultados comigo e com os demais colegas da turma, e assim, chegamos juntos a resolução dos problemas propostos. Embora alguns grupos tenham tomado maneiras diferentes de resolver o mesmo problema, conseguimos chegar a um consenso. Os puxadores não chegariam ao mesmo tempo, pois apesar de serem soltos ao mesmo tempo estavam localizados a alturas distintas em relação ao solo. A estimativa de velocidade de cada um dos puxadores poderia ser feita utilizando o princípio de conservação da energia mecânica, mas para isso era necessário fazer algumas medidas como as alturas inicial e final.

Para finalizar, solicitei que os estudantes escrevessem uma carta ao Prefeito de Vitória (responsável pela Praça da Ciência) ou ao Prefeito de Vila Velha (responsável pela cidade onde está localizada nossa escola).



Figura 18: Estudantes escrevendo cartas ao Prefeito

Fonte: Acervo dos autores

Sugeri que escrevessem na carta os novos saberes alcançados durante a visita e a importância da vivência nesse centro de ciência. Abaixo, apresento 4 das 2429 cartas escritas pelos estudantes.

²⁹ Dos 28 estudantes que compõe a turma 26 foram a aula de campo, e dentre esses 26 alunos 24 escreveram a carta.

3.5 Momento 5: A lata mágica

MOMENTO 5 – A LATA MÁGICA Duração: 1 aula.	
OBJETIVOS Conceitual: - Reconhecer a energia potencial elástica; - Reconhecer a relação deformação com energia potencial elástica; - Identificar transformação de energia; Epistêmicos: - Propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias; Científicos: - Trabalhar com novas informações; - Elaborar/Discutir/testar as diferentes ideias e hipóteses para a resolução das situações-problema; - Construir explicações e justificativas, limites e previsões.	
CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO Um estilingue, dependendo do seu elástico e de quanto é esticado consegue lançar um objeto muito longe, assim com no Bungee-jumping ou em uma cama elástica a deformação do elástico aumenta ou diminui a velocidade das pessoas. (MARTINI et al, 2013);	
SITUAÇÃO-PROBLEMA Como podemos explicar funcionamento da lata? O que tem dentro dela para que ela funcione dessa forma?	
MATERIAIS Experimento da lata mágica.	
SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO Participação dos estudantes.	

SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO E DETALHES CRÍTICOS DA AULA

Iniciei a aula fazendo uma brincadeira com os alunos, lhes disse que além de professora de física também sabia alguns truques mágicos. Um dos meus truques era fazer minha lata de estimação me obedecer. Expliquei que eu jogaria a lata sobre a mesa e quando eu a chamasse de volta ela voltaria. Os alunos, evidentemente, duvidaram da “mágica” e ficaram a espera.

Ao lançar a lata sobre a mesa e a lata voltar, uma euforia surgiu dentro da sala, repeti o experimento duas ou três vezes e falei que aquilo não era mágica nenhuma, mas ciência.

Em seguida propus a situação problema: Como podemos explicar funcionamento da lata? O que tem dentro dela para que ela funcione dessa forma?

Permiti que os estudantes manipulassem a lata (sem abrir) para propor suas ideias. A lata foi passando de mão em mão e as ideias foram se agrupando até chegaram a uma hipótese. No caso desse problema, a única forma de verificar as hipóteses era abrindo a lata, e assim eu fiz.

No momento de sistematização relevei o que tinha dentro da lata e os alunos verificaram suas ideias e conseguiram explicar o funcionamento da lata mágica. Abordei nesse momento quais transformações de energia poderia estar acontecendo ali e trouxe para a aula o conceito de energia potencial elástica.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

COELHO, G. R; AMBRÓSIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: uma experiência da Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 490-513, ago. 2019.

CREPALDE, R. dos S; AGUIAR JR, O, G. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: Da energia pensada à energia vivida. **Investigações em Ensino de Ciências** – V18(2), pp. 299-325, 2013.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WLAKER, J. **Fundamento de Física: mecânica**. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 1V.

MUNFORD, D; LIMA, M. E. C. de C. e; Ensinar Ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte. v.09 ,n.01 ,p.89-111 jan-jun.2007.

NUSSENZVEIG, H, M. **Curso de Física básica**. 4ªed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 1V.

PARMA, M; BRUGNAGO, E.L; BELLUCCO, A. Replanejando uma sequência de ensino investigativa sobre conservação da energia. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.13, n5, p.92-114. 2018.

PEREIRA, M, M; Sentidos do (e no) Ensino de Física no Ensino Médio: articulações com a teoria histórico-cultural. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 1-5, abr. 2020.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física**. In A. M. P. Carvalho (Org.), Ensino de Física (pp. 1-19). 2010. São Paulo: Cengage Learning.

SASSERON, L.H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e a escola. **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte. v.17 ,n.especial,p.49-67. Nov. 2015.

SASSERON, L. H; CARVALHO, A. M. P de; Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências** – V13(3), pp.333-352, 2008.

SASSERON, L. H; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências** – V21(2), pp. 52-67, 2016.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. 1061–1085. Dezembro, 2018.

SASSERON, L. H. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 563-567, 2019.

SILVA, F. A. R e. **O ensino por investigação e as práticas epistêmicas: Referencias para a análise da dinâmica discursiva da Disciplina “projetos em bioquímica”**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VII, 2009, VII, 2009, Florianópolis, SC, **Atas...**

SOLINO, A. P; FERRAZ, A. T; SASSERON, L. H. **Ensino por investigação como abordagem didática: Desenvolvimento de práticas científicas escolares**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XXI, 2015, Uberlândia, MG, **Atas...**

TIPLER, P. A; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** - 6ª ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2009. 1V.

TRAZZI, P. S. S; OLIVEIRA, I. M. O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e Respiração celular por alunos em aulas de biologia. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. v.18, n. 1. p. 85-106. jan-abr. 2016.