



**Universidade de Brasília (UnB)
Curso de Especialização em Ensino de Ciências
(Ciência é 10!)**

**O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA:
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA COM
EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO E EPISÓDIOS
HISTÓRICOS**

**Nayana Helena Negrão de Souza
Orientador: Dr. Jesús Ernesto Ramos Ibarra**

**Brasília-DF
2021**

NAYANA HELENA NEGRÃO DE SOUZA

**O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA:
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA COM EXPERIMENTOS DE BAIXO
CUSTO E EPISÓDIOS HISTÓRICOS**

Monografia submetida ao curso de pós-graduação *lato sensu* (especialização) em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do certificado de conclusão.

Orientador: Prof. Dr. Jesús Ernesto Ramos Ibarra

**Brasília-DF
2021**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Souza, Nayana Helena Negrão de.

O princípio da conservação da energia: Sequência de ensino investigativa com experimentos de baixo custo e episódios históricos / Nayana Helena Negrão de Souza; orientador Jesús Ernesto Ramos Ibarra. Brasília: UnB, 2021. 31 p.

Monografia (Especialização) - Ensino de Ciências (Ciência é 10!) – Polo: Universidade de Brasília, 2021.

1. Energia. 2. Episódios históricos. 3. Atividades investigativas. 4. Princípio de conservação. I. Ramos Ibarra, Jesús Ernesto, orient.

CDU Classificação



**O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA:
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA COM EXPERIMENTOS DE BAIXO
CUSTO E EPISÓDIOS HISTÓRICOS**

**THE PRINCIPLE OF ENERGY CONSERVATION:
SEQUENCE OF INVESTIGATIVE TEACHING WITH LOW COST EXPERIMENTS
AND HISTORICAL EPISODES**

Nayana Helena Negrão de Souza

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do certificado de conclusão do curso de especialização em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, em 13 de novembro de 2021, apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Dr. Jesús Ernesto Ramos Ibarra, UnB
Orientador

Profa. Dra. Vanessa Andrade de Carvalho, UnB
Membro Convidado

Prof. Dr. Marcus Vinicius Martinez Piratelo, UEL
Membro Convidado

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ana Cecília e André, pela dedicação, comprometimento e apoio aos meus estudos. Aos meus avós Raul (In Memoriam), Olgarina e Jesuína, pela atenção e cuidado ao longo da minha vida. Aos meus tios, Carlos, Glauciane, Ana Paula, Sandra, Jorge e Marcelo, pelo carinho e motivação. Ao Tairone pelo companheirismo, suporte e incentivo durante esse período da especialização. Aos meus amigos Jonatas, Marcos, Nathaly, Jéssica Fontes, Jéssica Pereira, Izabela, Julia, Ana Carolina, Anna Beatriz, Geisa, Hiúna e Jaíra que sempre me encorajaram a novas conquistas.

Ao meu orientador, professor Jesús Ernesto pela atenção, direcionamento e por compartilhar os seus conhecimentos durante o desenvolvimento deste trabalho. A todos os professores do Curso Ciência é 10! pelos ensinamentos e esforços empregados em cada módulo do curso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Universidade de Brasília (UnB) que viabilizaram essa especialização para os professores de ciência. À direção do colégio que permitiu a aplicação da sequência didática e a todos os colegas de trabalho que apoiaram o projeto. Aos alunos que participaram das atividades e que me encorajam a ser uma professora melhor.

RESUMO

O ensino de física nas escolas é voltado para o modelo de ensino tradicional, em que os estudantes são agentes passivos durante o processo de aprendizagem, o que promove o desinteresse e o baixo rendimento nas aulas de física. Com o objetivo de estimular a participação dos alunos para que estes sejam protagonistas na construção dos seus próprios conhecimentos, foi proposta uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) para o princípio de conservação de energia. A escolha do tema reflete a importância do conceito de energia no ensino de física, tendo em vista que foi o responsável pelo desenvolvimento da ciência no século XIX. A SEI foi aplicada em um Colégio Estadual em Formosa - Goiás, para turmas de segunda série, com o objetivo de analisar a viabilidade em utilizar Atividades Investigativas (AIs) através de simulações, de experimentos de baixo custo e de textos científicos no ensino do princípio de conservação de energia. Apesar dos problemas encontrados pelo período de isolamento social durante a pandemia, os estudantes que concluíram a SEI apresentaram um maior interesse pelo tema e pela disciplina de física.

Palavras-chave: Atividades Investigativas. Ensino de Física. Experimentos. Textos Científicos.

ABSTRACT

Physics teaching in schools is geared towards the traditional teaching model, in which students are passive agents during the learning process, promoting disinterest and low performance in physics classes. In order to encourage the participation of students so that they are protagonists in the construction of their own knowledge, an Investigative Teaching Sequence (ITS) was proposed for the principle of energy conservation. The choice of theme reflects the importance of the concept of energy in the teaching of physics, considering that it was responsible for the development of science in the nineteenth century. The ITS was applied in a state primary school in Formosa-Goiás, for second grade classes, with the objective of analyzing the feasibility of using Investigative Activities (IA) through simulations, low-cost experiments and scientific texts in teaching the principle of energy conservation. Despite the problems encountered by the period of social isolation during the pandemic, students who completed the SEI showed greater interest in the topic and in the discipline of physics.

Keywords: Investigative Activities. Teaching Physics. Experiments. Scientific Texts.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	5
2.1. CASO DE PESQUISA	5
2.2. A CONSTRUÇÃO DA SEI	6
2.3. A ESTRUTURA DA SEI	7
2.4. AS SEIS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS DA SEI	9
2.4.1. Aula 01 – Avaliação diagnóstica, apresentação da questão-problema e da SEI	9
2.4.2. Aula 02 – AI no simulador	10
2.4.3. Aula 03 – AI experimental da gangorra de vela	10
2.4.4. Aula 04 e 05 – AI a partir dos fragmentos dos textos científicos	11
2.4.5. Aula 06 – AI do projeto do motor	11
2.4.6. Aula 07 e 08 – Sistematização das AIs	12
2.5. ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO DA SEI	13
3. RESULTADOS	14
3.1. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	14
3.2. AI NO SIMULADOR	16
3.3. AI EXPERIMENTAL DA GANGORRA DE VELA	18
3.4. AI A PARTIR DOS FRAGMENTOS DOS TEXTOS CIENTÍFICOS	21
3.5. AI DO PROJETO DO MOTOR	22
3.6. SISTEMATIZAÇÃO DAS AIS	24
4. ANÁLISE	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	29

APÊNDICE A – ROTEIRO DA AI NO SIMULADOR	31
APÊNDICE B – ESTUDO DIRIGIDO DA AI DOS FRAGMENTOS DOS TEXTOS CIENTÍFICOS.....	33
APÊNDICE C – ORIENTAÇÃO PARA AI EXPERIMENTAL DA GANGORRA DE VELA E PARA A AI DO PROJETO DO MOTOR.....	41

INTRODUÇÃO

O conceito de energia foi um dos agentes responsáveis pela derrocada da visão de mundo Mecanicista (POLITO, 2016) e o seu princípio de conservação foi considerado ao final do século XIX um dos fundamentais da ciência (MARTINS, 1984). Este princípio de conservação é um tema importante para o estudo da física e está presente nos três anos do ensino médio. No entanto, quando citado pelos estudantes apresenta concepções baseadas no senso comum, que nas áreas da ciência não seriam os mais adequados. Embora o tema energia seja apresentado na primeira série do ensino médio, nota-se que há uma dificuldade em identificar e relacionar diferentes formas de energia (*i.e.*, energia mecânica e a energia térmica) e aplicar o princípio de conservação no estudo da termodinâmica.

A importância do princípio de conservação de energia está presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que define a temática Matéria e Energia como fundamental para o desenvolvimento de habilidades individuais e sociais que estimulam a tomada de decisões conscientes. E, também, no Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás, que apresenta como expectativa para a segunda série do ensino médio:

Compreender que, nos processos de transformação que ocorrem na natureza, certas grandezas se conservam; ou seja, a quantidade observada antes é igual à quantidade observada depois. Reconhecer em sistemas físicos os princípios das leis da termodinâmica. Compreender que a ideia de conservação da energia é fundamental nas Ciências Naturais, sendo expressa pelas diferentes formas de apresentação. E compreender que a energia pode ser armazenada em sistemas como energia potencial (gravitacional, elástica, elétrica e química). (GOIÁS, 2020, p. 366).

O conceito de energia é básico no estudo da Física Clássica e, portanto, a sua compreensão é essencial para que outros conceitos possam ser aprendidos. Entretanto, observa-se que, muitas vezes, e devido à complexidade inerente ao estudo de um conceito tão abstrato, a ideia de energia não é ensinada corretamente, impossibilitando a compreensão dos estudantes. Dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de sequências didáticas que apresentem aos estudantes exemplos de transformações presentes em seu cotidiano e a construção histórica do princípio de conservação de energia.

Com base na relevância do tema para o ensino de física e em busca de uma aprendizagem em que os estudantes sejam sujeitos ativos no processo de construção do seu próprio conhecimento, a proposta deste trabalho é abordar as diferentes

formas de energia e as suas transformações, a partir de uma Sequência de Ensino Investigativa – SEI (Carvalho, 2013). Na sequência investigativa são apresentadas diversas transformações de energia e fragmentos de textos científicos sobre a evolução histórica do princípio de conservação de energia e o desenvolvimento de um projeto sobre a construção de um motor caseiro. O intuito é que o aluno compreenda a importância e aplicações da conversão de energia para as atividades desenvolvidas no seu cotidiano.

Dentro da SEI, o maior enfoque é dado em atividades experimentais investigativas de baixo custo. Alinhado aos experimentos, há os episódios históricos cujo propósito é compreender o caráter da natureza da ciência, a fim de desmistificar a visão de uma ciência construída em datas específicas e por grandes gênios. É importante que ao longo da SEI os alunos identifiquem a ciência como um processo de construção humana, em que ocorrem erros e acertos, cuja evolução histórica está diretamente ligada aos aspectos culturais e políticos da sociedade. Um outro fator para a utilização de episódios históricos é a melhor compreensão do ensino por investigação, tendo em vista que ao analisar fatos históricos os estudantes podem observar que as teorias surgem a partir de hipóteses dos pesquisadores, as quais passam por testes e análises, podendo ser confirmadas ou refutadas e, posteriormente, propiciar a formulação de teorias novas ou mais adequadas. Segundo Portela (2019) a prática de leitura estimula a construção de argumentos e permite aos leitores uma melhor compreensão da sua realidade dentro da sociedade.

Com o objetivo de analisar a viabilidade da Sequência de Ensino Investigativa no ensino do princípio de conservação de energia em turmas da 2ª série do ensino médio, essa SEI foi estruturada a partir de 06 Atividades Investigativas (AIs) e aplicada para 154 alunos matriculados nesta série. A fim de que os estudantes identificassem a energia como uma grandeza extensiva e mensurável, que sofre transformações, mas mantém o seu valor constante no sistema, a SEI foi composta por: (1) uma avaliação diagnóstica, (2) uma simulação, (3) duas atividades experimentais relacionadas às transformações de energia, (4) duas aulas dedicadas aos trabalhos de Julius Robert von Mayer e de James Prescott Joule, através dos textos de Passos (2009) e Martins (1984), e (5) uma aula de sistematização das AIs. Os resultados da SEI foram analisados ao final, de forma qualitativa, para verificar se a sequência era adequada para que alunos desenvolvessem uma visão mais realista da natureza da

ciência e percebessem a importância do princípio de conservação de energia para o desenvolvimento da ciência e das atividades cotidianas.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de energia é bem abstrato, e muitas vezes os alunos não compreendem sua natureza e aplicação. Normalmente, a energia é apresentada aos alunos apenas como a capacidade de realizar trabalho e com expressões matemáticas que relacionam a energia com outras grandezas físicas. Segundo Ricardo e Campos (2013), dois fatores que dificultam a aprendizagem dos conceitos científicos pelos estudantes são a dificuldade em relacioná-los com outros conceitos e com a sua própria realidade. Com base nessas dificuldades e tendo em vista a importância do princípio de conservação de energia, é necessário apresentar aos estudantes diferentes formas, fontes e transformações de energia. De acordo com Carvalho e Lima:

“[...] todos os aspectos da experiência humana, sejam eles relativos àquilo que observamos no mundo exterior, ou sejam relativos àquilo que fazemos ou sofremos, tudo isso pode ser descrito adequadamente em termos de transferência de energia de um local a outro, ou como uma transformação de energia de uma forma a outra [...]” (CARVALHO E LIMA, 1998, p.186 apud ASSIS E TEIXEIRA, 2003, p.42).

Em parte, a dificuldade na compreensão dos conceitos físicos e teorias está associada às metodologias de ensino, sendo o modelo tradicional o mais comum, em que o processo de ensino e aprendizagem está focado no professor “transmitindo” o conhecimento para os alunos, enquanto o papel destes é passivo durante todo o processo. Essa metodologia tradicional mostra-se pouco efetiva uma vez que é necessária a participação dos alunos na construção do seu próprio conhecimento e não apenas respostas imediatas a estímulos, facilmente esquecidos devido à ausência de significado. Nas últimas décadas, os estudantes mudaram devido ao crescimento das novas gerações junto às tecnologias de informação, mas a metodologia de ensino apresentada nas escolas permaneceu a mesma, portanto, vemos a necessidade de usar novas ferramentas para melhorar o processo de ensino e aprendizagem.

Para estimular a participação ativa dos estudantes o trabalho é ancorado na sequência de ensino investigativa proposta por Carvalho (2013) em que através de uma sequência de atividades será abordado um tema do currículo escolar. Para o

desenvolvimento da SEI são propostas Atividades Investigativas (AIs), que podem ser textos, experimentos, simulações, questões, dentro outros recursos. Estruturar uma SEI vai além de propor atividades investigativas, dentro da sequência é essencial que existam espaços dialógicos onde os estudantes expõem os seus conhecimentos prévios, raciocinam sobre o problema, apresentam suas ideias e então constroem condições para compreender conhecimentos que já foram apresentados por outras gerações (Carvalho et al., 2013). No ensino por investigação o aluno é o próprio autor do seu processo de aprendizagem, o importante deixa de ser apenas o resultado e passa a ser todo o processo de construção de conhecimento.

A SEI é ancorada nos referenciais teóricos sociointeracionistas do Vygotsky e construtivistas do Piaget. Para a proposição de uma sequência de ensino investigativa é preciso atender aos conceitos-chaves das duas teorias, pois o construtivismo mostra como o indivíduo constrói o seu conhecimento e o sociointeracionismo apresenta como acontece essa construção em um meio social, no caso a sala de aula. Segundo Piaget (apud MOREIRA, 2019, p. 96) todo novo conhecimento é estruturado a partir de conhecimentos antigos em que a construção cognitiva acontece através dos processos de assimilação, acomodação e equilíbrio. Já a teoria sociointeracionista de Vygotsky afirma que todos os processos mentais elevados se originam de processos sociais e estes são mediados através da utilização de instrumentos e signos (VYGOTSKY, 1991).

Conseqüentemente, para que ocorram os processos de assimilação, acomodação e equilíbrio, uma SEI deve ser iniciada com a proposição de um problema, em que a partir da situação-problema e das atividades desenvolvidas, o estudante analisa dados, propõe explicações e expõe as suas soluções para o problema inicial. Isto é, na sequência investigativa os alunos passam de uma atividade manipulativa para uma ação intelectual (CARVALHO et al., 2013). Durante o processo de construção de conhecimento as interações entre aluno-aluno, aluno-materiais e aluno-professor são essenciais, sendo o papel do professor o de mediador, propiciando ambientes de discussões, materiais adequados e propondo novas questões a fim de estimular a construção de novos conhecimentos. Carvalho (2018) destaca que o professor além de se preocupar com a elaboração do problema inicial, deve preocupar-se com o grau de liberdade intelectual oferecido aos estudantes, porque sem esse elemento as aulas serão estritamente diretivas e não haverá um espaço propício para que os alunos se sintam confortáveis em apresentar suas ideias.

Abaixo segue um quadro sobre os graus de liberdade em aulas de laboratório apresentado por Carvalho (2010).

Quadro 1 – Grau de liberdade do professor e aluno em atividades experimentais

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
Problema	Professor	Professor	Professor	Professor	Aluno
Hipóteses	Professor	Professor	Professor	Aluno	Aluno
Plano de trabalho	Professor	Professor	Aluno	Aluno	Aluno
Obtenção de dados	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno
Conclusões	Professor	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno

Fonte: Carvalho et al. (2010, p. 55).

É importante destacar que para uma atividade ser investigativa não é necessário que toda a estrutura seja definida pelo próprio estudante, existem atividades investigativas experimentais com graus III e IV de liberdade.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. CASO DE PESQUISA

A SEI foi aplicada no Colégio Estadual Hugo Lôbo, localizado em Formosa/GO. Essa escola, inicialmente denominada de Ginásio Estadual, foi criada em 11 de novembro de 1960 e inaugurada em 23 de março de 1964. O ginásio passou a ser chamado de Colégio Estadual Hugo Lôbo em 1970 e funcionava nos três turnos. Em 2017, o Colégio tornou-se um Centro de Ensino em Período Integral (CEPI), passando a atender alunos de ensino médio em período e formação integral. O horário de funcionamento do CEPI é das 07h30 às 17h00 e a grade escolar dos estudantes contempla as disciplinas de núcleo comum (exigidas nos documentos oficiais) e as de núcleo diversificado, cuja disciplinas são Projeto de Vida, Estudo Dirigido I, Estudo Dirigido II, Pós-Médio, as Práticas de Laboratório e Eletiva.

Com relação ao perfil socioeconômico, o CEPI está localizado no Setor Central Nordeste e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a média salarial dos trabalhadores registrados do município em 2019 era dois salários-mínimos. Quanto ao desempenho acadêmico, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) da instituição é 5,2, acima da média do município que é 4,8 para o ensino médio. Em junho de 2021, a escola contava com 449 alunos divididos

na primeira, segunda e terceira série do ensino médio com 4 turmas para cada uma das séries, totalizando 12 turmas. Em 2020, devido a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2, o coronavírus, as aulas passaram a adotar o Regime Especial de Aulas Não Presenciais (REANP). Nesse modelo de ensino remoto, as aulas passaram a ser ministradas de forma assíncrona pela plataforma do *Google Classroom* e de forma síncrona pela plataforma do *Zoom* e do *Google Meet*.

A aplicação da sequência de ensino investigativa para o estudo do princípio da conservação de energia ocorreu em quatro turmas da segunda série do CEPI Hugo Lôbo. A SEI foi estruturada em seis atividades investigativas desenvolvidas em oito aulas na disciplina de física, aplicadas do 01 ao 22 de junho de 2021. Durante esse período o colégio estava em REANP e as duas aulas das segundas séries aconteciam às terças-feiras através de encontros síncronos e assíncronos, com uma aula de 50 minutos no período matutino e a segunda aula com mesma duração no período vespertino. No início da aplicação estavam matriculados 154 alunos na segunda série, divididos entre as turmas A, B, C e D, sendo que 65 alunos dos matriculados recebiam material impresso porque não tinham acesso à internet. Dos 89 alunos que alegaram ter acesso à internet, a média de participação e entrega de atividades online nas aulas de física durante o REANP era de 25 alunos, ou seja, uma taxa de aproximadamente 28% da quantidade total dos alunos com acesso à internet.

2.2. A CONSTRUÇÃO DA SEI

Uma AI baseada no experimento da gangorra de vela foi aplicada a uma turma de terceira série com a finalidade de verificar se a proposta era adequada e se os alunos apresentavam interesse na temática das transformações de energia, antes da elaboração da SEI para as turmas da 2ª série. A atividade teste foi desenvolvida em uma turma de 37 alunos da 3ª série. A aplicação demonstrou a relevância do tema para os alunos que sentiam dificuldade em conectar diferentes formas de energias e perceber que não estavam dissociadas umas das outras. Sendo a forma fragmentada com a qual a energia é ensinada um dos fatores que contribuía para essa dificuldade. Com base nessa aplicação prévia e com o intuito de facilitar a compreensão dos estudantes, a sequência de ensino investigativa para o princípio de conservação de energia foi estruturada da seguinte forma: a) identificação de diferentes formas de energia, e b) analisar as transformações que ocorrem entre elas.

O plano de aula do experimento da gangorra de vela foi incorporado a SEI, e com a sua aplicação prévia outras atividades investigativas foram planejadas, como a utilização do simulador virtual *Physics Education Technology Project (PhET)* para o estudo das transformações de energia, antes da realização dos experimentos com materiais de baixo custo. Para auxiliar nas discussões assíncronas, além da plataforma do *Google Classroom*, foi utilizada a ferramenta *Padlet*, que possui recursos interativos como o mural virtual, em que os estudantes podem realizar postagens e comentar nas de seus colegas.

A metodologia das seis atividades foi estruturada no ensino por investigação e em suas bases teóricas. Para responder a situação-problema, os alunos desenvolveram as atividades investigativas que foram propostas de acordo com as etapas apresentadas por Carvalho (2013): etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor; etapa de resolução do problema pelos alunos; etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos; etapa do escrever e desenhar. A primeira atividade proposta aos estudantes foi a avaliação diagnóstica, em que foram coletados e identificados os seus conhecimentos prévios sobre o conceito de energia e suas transformações. As respostas foram analisadas a fim de diferenciar o senso comum dos conceitos científicos.

2.3. A ESTRUTURA DA SEI

A primeira aula da sequência investigativa, que ocorreu no dia 01 de junho às 07h30, teve a participação de 19 alunos (4 alunos da 2^aA, 4 alunos da 2^aB, 6 alunos da 2^aC e 5 alunos da 2^aD). Nesse encontro foi apresentado aos estudantes o cronograma das atividades, os roteiros das AIs e as perguntas da avaliação diagnóstica que deveriam ser respondidas através do formulário online. A duração do momento síncrono foi de 25 minutos sendo que os outros 25 minutos foram reservados para a realização da avaliação diagnóstica. O cronograma das AIs e os roteiros das atividades foram disponibilizados na plataforma do *Google Classroom* para que todos os alunos tivessem acesso.

Quadro 2 – Cronograma das atividades investigativas

Cronograma			
Aulas	Datas	Atividades	Data de entrega
01	01/06/2021	Apresentação da SEI e avaliação diagnóstica	08/06/2021
02	01/06/2021	AI no simulador	08/06/2021
03	08/06/2021	AI experimental da gangorra de vela	15/06/2021
04 e 05	08/06/2021 e 15/06/2021	AI a partir dos fragmentos dos textos científicos	20/06/2021
06	15/06/2021	AI do projeto do motor	21/06/2021
07 e 08	22/06/2021	Sistematização das AIs	22/06/2021

Fonte: Elaboração própria

Para iniciar as atividades investigativas foi apresentada aos estudantes a questão-problema “Como podem existir diferentes formas de energia, se ela não pode ser criada nem destruída?”. A pergunta da questão-problema foi proposta com o termo “como”, pois ele é mais apropriado em abordagens investigativas, segundo o *Inquiry and the National Science Standards* (2000), tendo em vista que esse termo gera um questionamento causal e não finalista nas respostas dos estudantes (MUNFORD E CASTRO E LIMA, 2007). Carvalho (2013) cita que as perguntas “como?” e “por quê?” devem ser utilizadas para que os alunos traduzam a linguagem gráfica em oral.

É importante ressaltar que o trabalho está ancorado em uma metodologia ativa que é o ensino por investigação, e nesta abordagem os estudantes são os protagonistas no processo de ensino e aprendizagem. Também, é essencial apresentar aos discentes, conforme enunciado por Munford e Castro e Lima (2007), que a ciência desenvolvida na escola é diferente da desenvolvida pelos cientistas para que não haja concepções equivocadas acerca da pesquisa científica e não seja criada uma expectativa ingênua de que os alunos vão agir e pensar como cientistas (CARVALHO, 2013). Considerando as diferenças entre a ciência desenvolvida nas escolas e as realizadas por cientistas, e buscando um ambiente investigativo em que haja o desenvolvimento da alfabetização científica, este trabalho preocupou-se em avaliar os contextos escolares durante o planejamento da sequência didática e não

imitar uma pesquisa científica. Portanto, para que a sequência fosse adequada a realidade escolar, as atividades investigativas propostas não são “abertas”, pois verificou-se que os estudantes não têm autonomia e maturidade para uma sequência em que eles pudessem escolher o objeto de pesquisa, considerando que grande parte não estão acostumados a metodologias ativas de ensino e aprendizagem. Dessa forma, a SEI foi construída para gradativamente oferecer um maior grau de liberdade intelectual aos alunos, evitando que houvesse um desequilíbrio desmensurado, e por conseguinte este não promovesse o desenvolvimento intelectual dos estudantes. Com base nessa realidade, a sequência de ensino investigativa foi proposta através da questão-problema e das atividades investigativas, que foram direcionadas pela professora a fim de que os estudantes analisassem fenômenos, refletissem sobre os resultados encontrados, propusessem explicações a partir dos resultados/textos e apresentassem as suas explicações perante os seus pares.

2.4. AS SEIS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS DA SEI

2.4.1. Aula 01 – Avaliação diagnóstica, apresentação da questão-problema e da SEI

- I. Objetivo específico do professor: identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as fontes e formas de energia, aplicando um questionário com diferentes perguntas, que permitam nortear e adequar a SEI para viabilizar a resolução da questão-problema.
- II. Procedimentos:
 - a. Apresentação da Sequência de Ensino Investigativa e do cronograma das Atividades Investigativas.
 - b. Aplicação de questionário pela ferramenta *Google Forms* com as seguintes perguntas:
 - O que você entende sobre energia?
 - A partir do que você estudou nas disciplinas de Física, Química e Biologia, tem algum tema/conteúdo comum que você estudou em todas elas? Escreva os que você lembra.
 - Cite exemplos de energia no seu cotidiano e informe quais as fontes energéticas relacionadas a elas.
 - Explique o que você entende sobre os conceitos de calor e temperatura? Quais as diferenças entre esses conceitos?

- Cite e explique exemplos no seu cotidiano em que ocorre conversão de um tipo de energia em outro.
- Escreva as suas dúvidas sobre os conceitos de energia, trabalho e força.

2.4.2. Aula 02 – AI no simulador

- I. Objetivo específico: identificar diferentes formas de energia através da simulação “Formas e transformações de energia” do PhET, disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/energy-forms-and-changes>, para compreender as transformações de energia e relacioná-las com as atividades desenvolvidas no seu dia a dia.
- II. Materiais necessários: dispositivo eletrônico com acesso à internet e simulador do PhET.
- III. Procedimentos:
 - a. Divisão dos alunos em duplas ou trios.
 - b. Execução do roteiro da AI.
 - c. Discussão entre os estudantes sobre a atividade desenvolvida.
 - d. Elaboração de hipóteses para explicar as perguntas do roteiro.
 - e. Postagem da explicação do grupo no campo “Pergunta”, na disciplina de Física, na plataforma *Google Classroom*.
 - f. Novos questionamentos propostos pelo professor a partir das explicações dos grupos.
 - g. Construção de novas explicações em grupo e postagem na plataforma.

2.4.3. Aula 03 – AI experimental da gangorra de vela

- I. Objetivo específico: identificar as energias e as transformações envolvidas no experimento a fim de construir argumentos para exemplificar o princípio de conservação de energia.
- II. Materiais necessários: 01 vela; 1 palito de dente ou de churrasco; 1 agulha; faca ou estilete; 1 superfície metálica ou papel; 02 copos de vidro.
- III. Procedimentos:
 - a. Realização e gravação da atividade experimental.
 - b. Elaboração de hipóteses.
 - c. Proposição da explicação para o movimento de gangorra da vela.

d. Compartilhamento com a turma das análises e explicações.

2.4.4. Aula 04 e 05 – AI a partir dos fragmentos dos textos científicos

- I. Objetivo específico: desenvolver habilidades para oportunizar o desenvolvimento da alfabetização científica, através do estudo da natureza da ciência e da evolução histórica da primeira lei da termodinâmica a partir de fragmentos de textos científicos.
- II. Materiais necessários: dispositivo eletrônico com acesso à internet, para acessar a plataforma *Padlet*, e o estudo dirigido com fragmentos dos textos “Mayer e a Conservação da energia” (MARTINS, 1984) e “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica” (PASSOS, 2009).
- III. Procedimentos:
 - a. Leitura e análise do estudo dirigido para responder as perguntas.
 - b. Fichamento das ideias principais do texto para realizar a análise dos fragmentos extraídos dos textos científicos.
 - c. Postagem da análise sobre os fragmentos no mural do *Padlet*.
 - d. Leitura e comentário das postagens dos colegas.
 - e. Discussão sobre as análises na aula 07 e 08 de sistematização.
- IV. Descrição da atividade: Os alunos realizam a leitura dos fragmentos com base no estudo dirigido e fazem uma análise sobre o material estudado. A análise é postada no mural do *Padlet*, onde os colegas e a professora podem ler e comentar. Novos questionamentos são propostos através das respostas dos estudantes.

2.4.5. Aula 06 – AI do projeto do motor

- I. Objetivo específico: construir um motor caseiro, a partir de materiais de baixo custo, para interiorizar e solidificar os conceitos abordados nas atividades investigativas, explicando as transformações de energia envolvidas e a sua aplicação em atividades cotidianas.
- II. Materiais necessários: selecionados pelos estudantes.
- III. Procedimentos: desenvolvidos pelos estudantes.
- IV. Descrição da atividade: os alunos desenvolvem um projeto para construir um motor caseiro. Para justificar a escolha do modelo eles devem descrever os materiais necessários e quais os conhecimentos que necessitaram para a sua

construção. O estudante deve filmar o seu projeto e explicá-lo no vídeo, cuja duração máxima deve ser de 3 minutos. Espera-se que os estudantes identifiquem e expliquem as transformações de energia envolvidas no modelo escolhido.

Devido ao isolamento social e à dificuldade de obtenção dos materiais necessários para a construção do motor, também foi permitido apresentar como resultado dessa atividade um motor de algum aparelho de suas residências e explicar o funcionamento, as energias envolvidas e quais as suas aplicações para o seu cotidiano.

2.4.6. Aula 07 e 08 – Sistematização das AIs

- I. Objetivo específico: responder a questão-problema inicial “Como podem existir diferentes formas de energia, se ela não pode ser criada nem destruída?”, a partir das atividades desenvolvidas na sequência de ensino investigativa, para discutir sobre a importância do princípio de conservação da energia na sociedade e no estudo da física.
- II. Materiais necessários: dispositivos eletrônicos com acesso à internet para acessar a plataforma do *Google Meet*.
- III. Procedimentos
 - a. Aula 07: assistir aos vídeos e discussão entre os grupos.
 - b. Aula 08: discussão sobre as atividades com as quatro turmas.
- IV. Descrição da atividade: a atividade é iniciada com a apresentação dos projetos desenvolvidos pelos estudantes na aula 06. Depois os estudantes formam grupos para explicar o que foi observado no desenvolvimento das atividades e explicar a questão-problema inicial: “como podem existir diferentes formas de energia, se elas não podem ser criadas nem destruídas?” É realizada a discussão dos resultados entre os estudantes e os alunos expõem o que aprenderam com a SEI e os questionamentos que permanecem. O intuito da atividade é que o professor não precise fazer explicações sobre o tema, mas caso os conceitos sejam apresentados de forma equivocada e os demais estudantes não apresentem correções, o professor realiza a intervenção para que não ocorra construções conceituais equivocadas.

2.5. ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO DA SEI

A única atividade da SEI que foi desenvolvida em grupo foi a atividade no simulador, porque não haveria a necessidade de um encontro presencial entre os estudantes. Essa AI mostrou-se significativa, porque houve uma interação maior entre os pares e as discussões de forma assíncrona foram mais efetivas. As outras três atividades – gangorra de vela, estudo dirigido e projeto do motor – foram desenvolvidas individualmente e os recursos assíncronos foram utilizados para que não fosse perdida uma etapa essencial da SEI que é a sistematização entre os alunos. Nesse contexto, utilizou-se o recurso “pergunta” da plataforma *Google Classroom*, em que os estudantes puderam interagir entre si, lendo e comentando as respostas dos colegas da sua turma; e o mural interativo do *Padlet*, que ampliou a interação os estudantes, permitindo que eles tivessem acesso as respostas dos estudantes das quatro turmas que participaram da SEI. A ferramenta *Padlet* tornou-se uma grande aliada pelo seu formato e foi notada uma participação maior quando comparada ao *Google Classroom*. As ferramentas tecnológicas foram essenciais durante toda a execução da SEI, porque auxiliaram no processo de sistematização das atividades, sendo o *Google Meet* utilizado para encontros síncronos e o *Google Classroom* e *Padlet* para momentos assíncronos.

A avaliação da AI foi diferenciada devido a abordagem metodológica utilizada. Especificamente, foi aplicada a avaliação formativa, que consiste em uma avaliação individualizada em que é analisado o processo desenvolvido pelo estudante (PINTO E ROCHA, 2011). Ademais, durante as atividades foram propostos questionamentos adicionais para propiciar a construção de novos conhecimentos e avaliar o avanço no desenvolvimento da AI. Foi valorada a capacidade de apresentar respostas próprias. Contudo, como a avaliação diagnóstica foi aplicada de forma online e sem supervisão da professora, algumas respostas apresentadas foram extraídas integralmente de sites, livros e/ou copiadas de outros estudantes. Quando o plágio foi identificado, se insistiu na necessidade de citar os argumentos de terceiros, como no caso de alunos que encontraram o experimento da gangorra de vela em um canal de divulgação de ciência popular no *YouTube*, e apenas transcreveram a resposta.

3. RESULTADOS

Ao final da SEI, 35 alunos responderam a avaliação diagnóstica, 22 alunos realizaram a AI no simulador, 12 alunos enviaram a AI da gangorra de vela, 10 alunos postaram a análise dos fragmentos dos textos científicos, 12 alunos enviaram o projeto do motor e 15 alunos participaram da aula de sistematização. Desses estudantes, 5 participaram das seis atividades da SEI.

3.1. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Após o encontro síncrono com os estudantes disponibilizou-se 25 minutos para que eles respondessem a avaliação diagnóstica. A primeira pergunta do questionário online foi “O que você entende por energia?” O intuito era que por ser uma pergunta pessoal não houvesse uma pesquisa nem transcrições da internet, todavia muitas das respostas eram dessa natureza. Segue abaixo o que foi respondido para essa pergunta:

ESTUDANTE 1: Ao falar de energias, identifico-as à um conjunto de grandezas físicas responsáveis por todos os eventos que acontecem. Nada pode ser criado do nada ou destruído ao 0, e com base nisso, se pode concluir que a energia não se cria e nem se desfaz, apenas se transforma. A todo o momento, incontáveis transformações energéticas se perpetuam pelo espaço, originando novas condições e relações entre dois entes ou sistemas físicos.

ESTUDANTE 2: Forças.

ESTUDANTE 3: Energia é tudo aquilo que pode aquecer ou iluminar.

ESTUDANTE 4: Não muita coisa.

ESTUDANTE 5: Sei que é usada para tudo hoje em dia, sei que nesse século não conseguimos mais, viver sem a energia pois, ela está presente em tudo e a maioria das vezes nem percebemos.

ESTUDANTE 6: Bem, é estranho de explicar, mas seria tipo quando um objeto tem capacidade de fazer algum movimento, por exemplo energia cinética (movimento), térmica (agitação), magnética (atração). Todas são ações em que um objeto com energia ou energia potencial realizam.

Nessas respostas nota-se que o ESTUDANTE 1 apresenta um conhecimento sobre o princípio de conservação de energia e as diferentes formas de energia. O ESTUDANTE 2 associa a energia como se ela fosse uma força. O ESTUDANTE 3 interpreta a energia apenas como a luminosa e a térmica, enquanto o ESTUDANTE 6 entende a energia como capacidade de desenvolver movimento (muito presente nos livros didáticos) e ele diferencia a energia (acredita-se que estava se referindo a

cinética, mas não foi explicitado na resposta) da energia potencial. A resposta do ESTUDANTE 5 é interessante porque ele faz referência como se antes fosse possível viver sem energia (acredita-se que a energia é unicamente elétrica), ao mesmo tempo em que o ESTUDANTE 4 afirma não conhecer muito o conceito. Através dessas respostas nota-se que a maioria desses alunos trata o conceito de energia a partir de um tipo específico de energia, desconsiderando as outras formas existentes. Dentre as transcrições apresentadas, apenas o ESTUDANTE 1 enuncia o princípio de conservação.

Outras respostas dos estudantes sobre questões pontuais são apresentadas a continuação:

PERGUNTA: Cite exemplos de energia no seu cotidiano e informe quais as fontes energéticas relacionadas a elas.

ESTUDANTE 1: Energia solar: Sol Energia térmica: Sanduicheira Energia elétrica: Chuveiro Energia cinética: Meus movimentos Etc.

ESTUDANTE 6: Lâmpada = Energia elétrica / luminosa; portão eletrônico = energia elétrica/ mecânica; forno =energia elétrica / térmica, máquina de lavar = energia elétrica / mecânica.

PERGUNTA: Escreva as suas dúvidas sobre os conceitos de energia, trabalho e força.

ESTUDANTE 6: Energia não pode ser simplesmente nada certo? deve ser alguma partícula ou coisa assim. Tipo o que faz os átomos vibrarem? é a entrada de elétrons neles? ou fótons? e qualquer energia pode virar qualquer energia ex.: calor em química

ESTUDANTE 7: sobre a energia solar, o que acontece quando está frio? Porque quando está frio não vai ter sol para gerar a energia solar.

ESTUDANTE 8: Quais são as forças que fazem alcançar a energia?

Em perguntas mais elaboradas e menos diretas as respostas apresentadas foram mais originais e não houve transcrições de fontes externas (sites, livros, dentre outros). Através das respostas é possível observar que os alunos identificaram transformações de energia em seu cotidiano, em especial as dos aparelhos elétricos. Outro fator relevante nos questionamentos realizados pelos alunos é sobre a criação da energia, se ela se originaria através de forças ou de partículas; para eles a energia precisa ser criada de algum modo para depois realizar transformações. Essa última pergunta foi essencial para identificar que apesar de identificar diferentes formas de energia e algumas transformações existentes, acreditava-se que energias eram criadas em determinados momentos. As respostas dos estudantes foram importantes

para apontar os conhecimentos prévios sobre o tema e para comparar com as respostas que foram apresentadas durante as AIs e a aula de sistematização.

3.2. AI NO SIMULADOR

A atividade no simulador foi desenvolvida em grupos, e um encontro síncrono foi usado para orientar a atividade e resolver dúvidas sobre o assunto. Os grupos que realizaram a AI informaram que usaram as plataformas do *Google Meet* para desenvolver a atividade no simulador com resultados satisfatórios. As postagens realizadas pelos grupos ficaram disponíveis para que os colegas de turma pudessem ler e comentar, mas notou-se que a maioria dos comentários eram de integrantes do próprio grupo.

A professora ficou responsável por propor novos questionamentos para que os grupos refletissem e elaborassem novas hipóteses e conclusões sobre a atividade. Essa etapa explorou o sociointeracionismo de Vygotsky, que descreve a importância de atividades em grupos, em que todos os integrantes trabalhem em conjunto e apresentem as suas conclusões. O papel da professora em indicar novos questionamentos era proporcionar a construção de novos conhecimentos. Nesta atividade o plano de trabalho foi construído pela professora, mas os alunos podiam realizar adaptações no roteiro e escolher as fontes energéticas durante a execução da simulação.

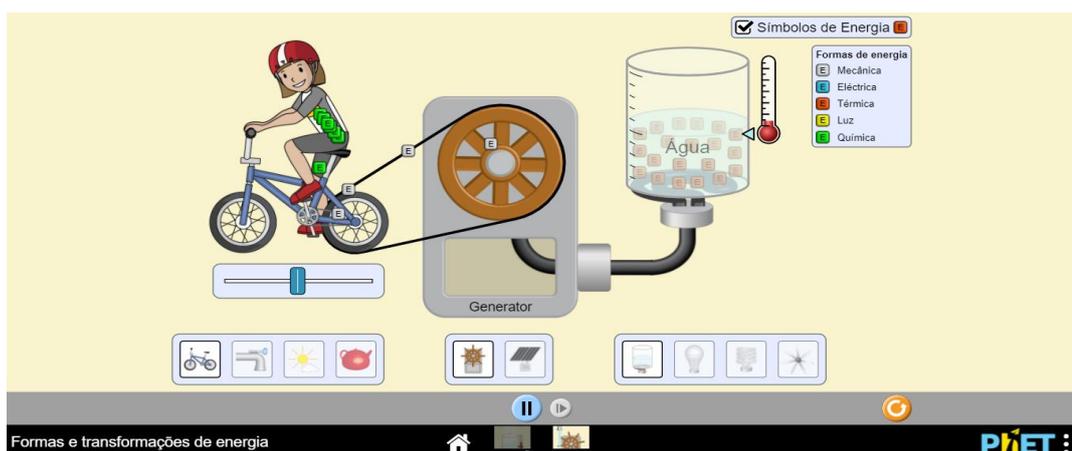


Figura 1 – Imagem capturada da simulação "Formas e transformações de energia"
 Fonte: PhET. Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt.html

Segue abaixo uma das análises realizadas pelo GRUPO 1 após a simulação "Formas e transformações de energia" do PhET:

GRUPO 1:

Parte 1 - Quando foram colocados apenas os líquidos, o maior aumento de temperatura foi do azeite. Consequentemente, o azeite perdeu

mais energia para o meio do que a água. Durante o aquecimento, ambos ganhavam energia térmica. Durante o resfriamento perdem-na para o ambiente. Quando foram apenas os blocos, conforme a mudança da temperatura, ambos recebiam e perdiam energia. A energia perdida saía para cima. Como citado acima, quando eram só os líquidos, o azeite perdia mais energia do que a água. No entanto, quando foram adicionados os blocos de tijolo e ferro nos líquidos, a água passou a perder mais energia. Quando foi colocado o bloco aquecido dentro do recipiente com o líquido já resfriado, ocorre uma troca de energia, onde o bloco aquecido libera a energia térmica para o líquido, ocasionando um equilíbrio térmico no sistema.

Parte 2: Sistema 1 - Menino Pedalando: Utiliza sua energia Química (obtida através dos alimentos e no processo de respiração celular) para pedalar, transformando-a em energia mecânica conforme o pneu da bicicleta (acoplado a faixa), gira a manivela do gerador. Durante essa primeira parte, observa-se uma perda mínima de energia térmica, provavelmente oriunda do atrito do pneu com a faixa e do aquecimento do corpo do garoto. Consecutivamente, o gerador transforma a energia mecânica recebida em energia elétrica. Esta energia elétrica é redirecionada e aplicada à um meio. Dependendo do meio, pode virar térmica, luminosa, ou ainda voltar a ser energia mecânica.

Sistema 2 - Energia Solar: A energia luminosa entra em contato com o painel solar. A energia solar então é convertida em energia elétrica, que por sua vez, mais uma vez, pode se transformar dependendo dos meios. Ao colocar as nuvens, percebe-se que tais podem obstruir os raios solares e desviar a sua energia luminosa.

PROFESSORA: Ótima análise! Vocês acham que a energia total desse sistema é perdida? Com essa atividade podemos dizer que é possível obter diferentes formas de energias a partir de outras?

ESTUDANTE 1: O Princípio da Conservação da Energia diz que "a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída". Fazendo uma pequena reflexão sobre essa frase e utilizando-a para responder a primeira pergunta, conclui-se que a energia total de algum sistema não pode ser perdida, mas apenas transformada. Porém, em alguns casos, algumas energias podem acabar escapando (como acontece durante o calor). Finalizando, sim, podemos obter diferentes formas de energia a partir da transformação de outras.

Nessas transcrições verifica-se que ocorreu aquisição de novos significados sobre as formas de energia e as transformações que acontecem no próprio cotidiano a partir da simulação. O GRUPO 1 cita inicialmente que houve uma energia perdida durante a atividade e então a professora faz uma intervenção sobre essa resposta para compreender essa “energia perdida” retratada. O ESTUDANTE 1 diz que a energia total foi conservada, mas que parte dela acabou escapando em forma de calor. Esse comentário foi importante para a discussão de que existem energias em forma de calor que são dissipadas durante os processos. Na aula de sistematização esse tema foi retomado para abordar esse tópico e ampliar a discussão abordando o conceito de entropia e energia degradada. Esses comentários do grupo e do estudante são importantes para observar que quando há uma energia térmica sendo

dissipada, os estudantes a identificam como a energia sendo perdida, considerando que essa energia não será reutilizada na conversão de energia mecânica.

3.3. ANÁLISE EXPERIMENTAL DA GANGORRA DE VELA

Nessa atividade houve menos dúvidas durante o processo de execução e a maioria dos 12 alunos que entregaram conseguiram enviar o vídeo no prazo previsto. Os vídeos dos estudantes foram postados na plataforma *Google Classroom* para que todos da turma assistissem e comentassem as suas dúvidas sobre a explicação do experimento. Esse recurso de comentários acabou não sendo muito utilizado pelos estudantes, então na aula de sistematização os vídeos foram novamente divulgados para realizar a discussão no encontro síncrono, nesse momento, no dia 22/06, foi apresentada uma questão sobre esse experimento da gangorra de vela que esteve presente no Enem de 2006. Segue imagens capturadas dos vídeos e as explicações de alguns estudantes.

Análise do ESTUDANTE 1

Basicamente, o que faz ela se movimentar assim é a diferença de massa das extremidades. Enquanto a extremidade mais massiva desce, a outra sobe. Só que aí quando ela piga, ela perde a sua massa, o seu peso, então ela sobe enquanto a que estava em cima vai para baixo e assim sucessivamente.

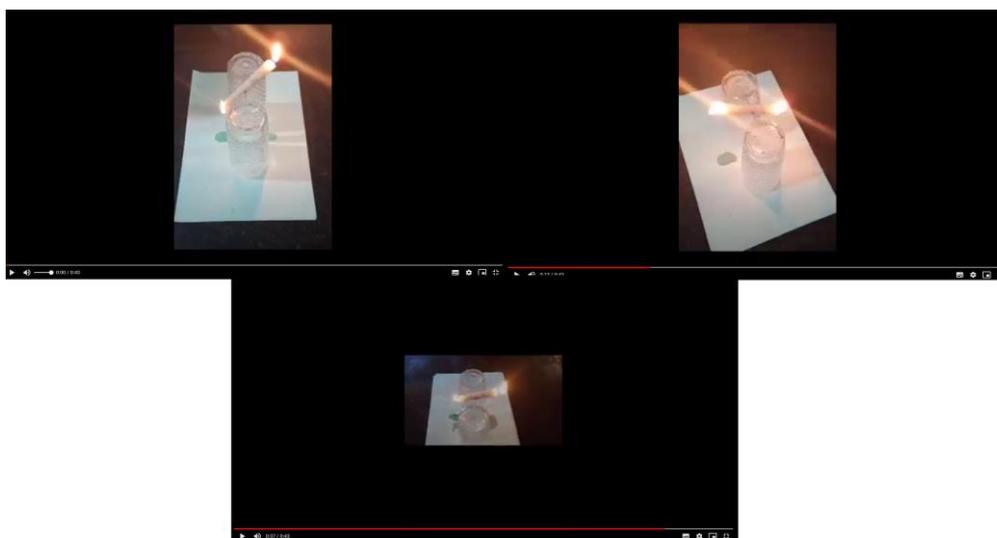


Figura 2. Experimento da gangorra de vela realizado pelo ESTUDANTE 1
Fonte: captura de tela realizada pela autora (2021)

Nessa análise é citada a diferença de massa que provoca o movimento da gangorra de vela, então foi questionado ao estudante quais as energias envolvidas que ele identificava nesse experimento. Embora não tenha sido retratado na sua

análise inicial, o estudante abordou as formas de energia térmica e a energia mecânica. Não houve uma descrição sobre a energia química e qual a energia mecânica envolvida (cinética e potencial gravitacional). Essa discussão precisou ser retomada na última aula da SEI em que ocorreu a sistematização.

Análise do ESTUDANTE 6

Nesse experimento podemos observar que primeiramente a vela estava de meme, ela não queria acender, mas também a gente viu que depois a gangorra começou a se mover, e que o lado mais leve vai estar sempre em cima e o mais pesado embaixo. O que causava essa diferença de peso era o fato da vela, quando ela está para cima assim, ela derrete menos parafina, quando ela está para baixo assim, derrete mais. Então o lado que está embaixo derrete mais parafina do que o lado que está em cima, logo ficará mais leve [...] essa diferença de peso que vai ficar com que elas fiquem balançando, fiquem mudando de lado.



Figura 3. Experimento da gangorra de vela realizado pelo ESTUDANTE 6
Fonte: captura de tela realizada pela autora (2021)

O ESTUDANTE 6 relatou no seu vídeo que não conseguiu realizar o experimento na primeira tentativa, porque ele prendeu o arame nas placas de sustentação, o que fez com que o arame não girasse nem a vela. Ele descreve no vídeo que por não ter palitos realizou a troca deste pelo tubo de caneta, deixando as extremidades livres e posicionadas em cima dos copos. Nessa segunda tentativa com o tubo de caneta, o ESTUDANTE 6 percebeu que para a vela girar o tubo precisava girar também. Através dessa análise há uma reflexão sobre a importância do erro no processo de aquisição de novos conhecimentos, no seu vídeo o estudante destaca que não entendeu inicialmente o porquê da sua atividade não ter dado certo e que necessitou de um tempo de reflexão sobre a atividade para conseguir solucionar o

desafio. Carvalho (2013) cita que o estudante aprende mais quando há uma superação do erro realizada por ele próprio que em muitas aulas diretivas e expositivas.

Análise do ESTUDANTE 9

Essa experiência representa a transformação da energia térmica fornecida pela vela em energia de movimento, que está no balanço da vela com a agulha.

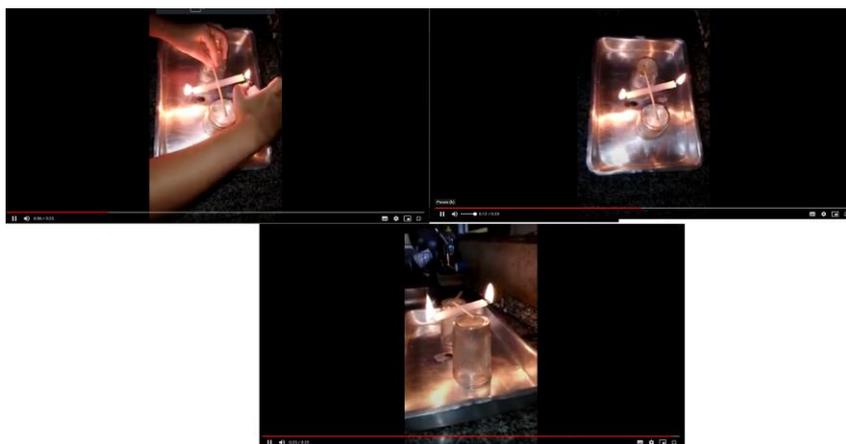


Figura 4. Experimento da gangorra de vela realizado pelo ESTUDANTE 9
Fonte: captura de tela realizada pela autora (2021)

Com a explicação do ESTUDANTE 9 é possível observar que ele consegue relacionar o movimento da vela com transformações de energia, o que não apareceu explicitamente nas respostas do ESTUDANTE 1 e do ESTUDANTE 6. Um outro fator de destaque em sua conclusão é a “energia do movimento” para se referir a energia mecânica. Alguns estudantes apresentaram em suas falas que a energia mecânica está relacionada apenas quando existe um movimento efetivo, desconsiderando as formas de energia potencial (gravitacional e elástica). Esse retrato apresentado pelo ESTUDANTE 9, também foi exposto por outros estudantes e precisou ser abordado na aula de sistematização.

Essa atividade apresentou um grau de liberdade maior que a AI no simulador, os estudantes tinham autonomia para propor o plano de trabalho, obter os dados e analisá-los para ao final apresentar a conclusão da atividade. O experimento da gangorra de vela classifica-se como grau III.

3.4. AI A PARTIR DOS FRAGMENTOS DOS TEXTOS CIENTÍFICOS

Nessa AI os estudantes receberam um estudo dirigido para auxiliar na leitura de alguns fragmentos dos textos científicos, a escolha desse formato aconteceu pela extensão dos textos e porque os estudantes não são acostumados com a leitura científica. Apesar de não ter sido solicitada a análise integral dos textos, todos os dois foram disponibilizados para os alunos que desejassem realizar a leitura.

Essa atividade mostrou-se de grande importância, pois a partir delas os estudantes passaram a ter uma visão mais realista da natureza da ciência e da construção histórica do princípio de conservação de energia. Dessa forma, após a realização do estudo dirigido, os alunos postavam as suas análises sobre os fragmentos dos textos científicos no mural da plataforma *Padlet*. Nesse mural interativo todos os estudantes tinham acesso as análises e podiam comentar nas postagens. Segue abaixo algumas análises postadas no mural e os comentários.

PROFESSORA: Sejam bem-vindos! Vamos discutir nesse mural sobre os fragmentos analisados. Aproveitem e comentem também nas postagens dos seus colegas. Lembrem-se que este ambiente é escolar e precisamos ser cordiais e educados.

ESTUDANTE 1: Ex Nihilo Nihil Fit

Foi uma leitura curiosa. As questões do estudo dirigido foram simples e acentuaram a interpretação dos trechos, que anteverteram um entendimento mais divertido e desempenhado.

Ademais, foi de fácil discernimento a história de como a primeira lei da Termodinâmica se originou. Todos os estudiosos que se esforçaram para comprovar suas ideias e descobertas demonstraram grandes exemplos de determinação, pelo menos na minha noção.

Bom... achei que Mayer foi aziago, pois no tempo em que ele e Joule eram cientistas amadores e almejavam compartilhar suas teorias científicas, Joule foi favorecido pelas oportunidades da vida, ao passo que Mayer e seus estudos eram praticamente desconhecidos.

Em suma, foi muito interessante saber mais sobre como as teorias científicas se desenvolvem, e como nunca há apenas um encabeçador por trás de tudo, mas sim como várias pessoas.

COMENTÁRIO DO ESTUDANTE 6: Concordo, foi o caso entre Thomas Edson e Nikola Tesla, ambos "brilhantes" por sinal.

ESTUDANTE 4: Com a leitura do estudo dirigido é possível perceber como a forma de pensar e estudar sobre o calor mudou de lá para cá. É bastante curioso perceber o que conseguiram fazer tendo tão pouco embasamento, diferente de hoje com tantos meios para pesquisa. Ruim mesmo é ver que graças a isso, os mesmos eram tão subestimados e considerados "amadores" e enfrentaram a dificuldade que foi apresentar o resultado das suas pesquisas. Em compensação, Joule, mesmo com os desafios, conseguiu seu reconhecimento do seu trabalho, tanto que até seu próprio sobrenome é conhecido como uma unidade de medida. Problema mesmo foi a briga entre Joule e Mayer. Mayer tentou reivindicar o pioneirismo da teoria, e falhou miseravelmente. Mesmo joules levando a melhor na disputa [carinha irritada] claro que não tira a importância de Mayer e muito menos anula suas pesquisas. Interessante que além dos dois, mais 10 outros pesquisadores

também estudavam e adquiriram resultados parecidos com os de Joule e Mayer sobre conservação de energia. Se antigamente se desse tanta ênfase ao problema de prioridade, que gerava as tais disputas entre pesquisadores sobre quem foi o primeiro a determinar tal ideia, nos dias de hoje as coisas já são vistas como descobertas múltiplas, feitas independentemente por várias pessoas. No fim se vê como muito mudou com o passar do tempo.

ESTUDANTE 6: Tive um certo atraso para terminar a leitura, mas achei muito desfrutante. O estudo dirigido, comparado aos textos originais, é curto e direto. Além disso conduz questionamentos que me levaram a pensar e compreender melhor. Foi fácil assimilar o conteúdo seguindo-o. No material apresentado muitas dúvidas que eu tinha redespertaram, e durante a leitura foram parcialmente respondidas.

Chega a ser engraçado a forma de como eles interpretavam o calor. Hoje em dia sabemos que calor é energia, e que pode ser transformado em diferentes formatos de energia. Mas até então, antes destas descobertas eles acreditavam que o calor era um “fluido” (flogístico ou calórico) que passava de um corpo para o outro, buscando o equilíbrio. A descoberta do efeito Seebeck, com a força eletromotriz térmica, e o experimento de joule para verificar a relação entre calor e energia mecânica foram geniais!

Os alunos destacaram em suas conclusões que a leitura dos fragmentos através do estudo dirigido facilitou a compreensão dos textos. Em suas análises aparece as reflexões acerca dos contextos históricos e políticos que propiciaram a aceitação da teoria de Joule em detrimento de Mayer. Com essas discussões torna-se possível desmistificar a ciência como um dogma e apresentar uma linguagem científica para os conceitos estudados, que até essa atividade eram retratados pelos alunos através de uma linguagem mais informal. Um retrato da aquisição de novos signos é a análise do ESTUDANTE 4, que na avaliação diagnóstica disse não saber muita coisa sobre o conceito de energia, e nessa AI conseguiu compreender através dos fragmentos que alguns conceitos são descritos por várias pessoas e de forma independente, como foi o caso do princípio de conservação de energia. Essa AI apresenta a complexidade em definir o conceito de energia e foi discutida novamente na aula de sistematização.

3.5. AI DO PROJETO DO MOTOR

Na AI da gangorra de vela o estudante tinha a liberdade apenas no levantamento de hipóteses e na realização das análises acerca do experimento, pois havia um roteiro que especificava o plano de trabalho a ser realizado e como obter os dados. Nessa última AI a proposta da atividade era diferente, eles recebiam apenas o problema inicial que era a construção do motor e as outras etapas para o desenvolvimento da atividade investigativa eram elaboradas pelos próprios alunos. Sendo assim, o plano de trabalho, a coleta de dados, o levantamento de hipóteses e

a proposição da explicação foram todas construídas e desenvolvidas pelos estudantes, podendo ser classificada como um grau IV de liberdade. O papel da professora nessa AI foi a proposição do problema inicial e mediar a sistematização da atividade através do fórum e da última aula da SEI, em que ocorreu a sistematização das AIs.

Nessa atividade os alunos sentiram dificuldades para identificar os diferentes tipos de motores e sentiram-se desconfortáveis e inquietos, porque não sabiam qual a “resposta correta”. Foi conversado com eles que não havia uma “resposta correta”, que era o momento de eles usarem a criatividade e os conhecimentos construídos ao longo da SEI.

O ESTUDANTE 1 tentou construir um motor homopolar, mas como não tinha um ímã de neodímio, apenas o comum, não conseguiu construí-lo, o que o levou a adaptar a atividade através de um simulador. No seu vídeo o ESTUDANTE 1 iniciou abordando a relação entre a eletricidade e o magnetismo, descreveu o experimento do Oersted e o enunciou como o marco inicial para o desenvolvimento do eletromagnetismo, depois citou os experimentos de Faraday e ao final explicou o que era o motor homopolar. Como esse estudante utilizou imagens da internet e a simulação sem as referências, não serão apresentadas as capturas de imagem do seu vídeo. É possível identificar em seu relato que a atividade trouxe novos significados sobre a construção histórica da teoria eletromagnética, fato que não seria abordado na sua primeira proposta, e a satisfação de concluir com sucesso um novo roteiro apesar das adversidades iniciais.

Dos trabalhos recebidos, apenas o ESTUDANTE 10 construiu o motor, que foi o de Stirling. No seu vídeo foram apresentados os materiais, a história da criação e utilização desse modelo até os dias atuais. Um detalhe destacado é a importância para a sociedade do motor Stirling com a melhoria do rendimento e a mitigação de acidentes. Esse estudante descreve que o processo de criação do motor foi desafiante e que ao finalizar a atividade sentiu-se orgulhoso e motivado.

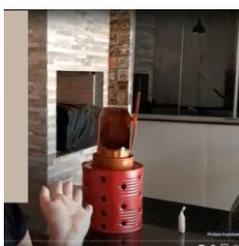


Figura 5. Projeto do Motor de Stirling do ESTUDANTE 10
Fonte: captura de tela realizada pela autora (2021)

Os demais estudantes enviaram os seus vídeos utilizando motores presentes em aparelhos de suas residências, como ventiladores e liquidificadores. Desses alunos, três gravaram vídeos, um enviou a sua análise através de um texto e quatro enviaram áudio com as suas explicações para o funcionamento do motor escolhido.



Figura 6. Análise do motor do liquidificador do ESTUDANTE 3
Fonte: captura de tela realizada pela autora (2021)



Figura 7. Análise do motor do liquidificador do ESTUDANTE 11
Fonte: captura de tela realizada pela autora (2021)

Nos materiais apresentados verifica-se que os estudantes ampliaram os seus conhecimentos durante as pesquisas para o desenvolvimento da AI. Apesar dos desafios encontrados sentiram-se motivados em terminar o seu projeto e apresentaram resultados diferentes entre si.

3.6. SISTEMATIZAÇÃO DAS AIS

Duas aulas foram utilizadas para a sistematização das AIs, na primeira aula do dia 22/06, período matutino, foram compartilhados os vídeos, o texto e os áudios enviados pelos estudantes que realizaram a atividade do projeto do motor para que todos assistissem ou lessem. Como os comentários na AI do experimento da gangorra de vela não foram utilizados pelos estudantes, essa aula também foi aproveitada para que os vídeos dessa atividade fossem novamente divulgados e compartilhados. Na segunda aula, no período vespertino, foi realizado o momento síncrono em que as experiências da sequência investigativa foram compartilhadas e as dúvidas que não conseguiram ser sanadas durante a preparação e execução das atividades foram

esclarecidas. Uma das perguntas interessantes durante esse processo foi do ESTUDANTE 1, que questionou

Um sistema no qual uma galinha carrega uma carroça pode ser considerado motorizado? Tipo, ela usa sua energia química para puxar a carroça e o carro usa a energia elétrica adquirida da combustão da gasolina para se movimentar também.

Nessa pergunta do estudante, apesar da confusão com um sistema motorizado, percebe-se que ele consegue analisar a situação a partir das transformações energéticas. Esse estudante identificou que um motor transforma um tipo de energia em energia mecânica e associou essa transformação com um veículo de tração animal.

Discutiu-se com os alunos sobre as energias que eles conseguiam identificar no seu cotidiano e eles voltaram a citar o carregador do celular que estaria recarregando a bateria através da que energia elétrica que seria convertida em energia química. Também foi questionado se essa conversão é integral e eles afirmaram que não, que eles sentem o celular “bem quente” quando estão carregando, logo tem uma energia sendo transformada em “calor”. Esse momento foi importante para pontuar corretamente alguns conceitos que haviam sido utilizados pelos estudantes, tais como: “calor relacionado como um corpo quente” e “energia como uma força”.

Após a reflexão sobre as atividades da SEI, o ESTUDANTE 6 perguntou se a energia nunca acabaria, então foi apresentado aos estudantes que a energia total é conservada, mas que existe uma energia que é degradada durante os processos e foi então abordado pela professora o conceito de entropia. Após essa reflexão foi questionado aos estudantes se existe uma máquina de movimento perpétuo, e o ESTUDANTE 6 disse “Não, porque não podemos criar energia”. Ao final da aula de sistematização notou-se que os estudantes perceberam a complexidade do conceito de energia e conseguiram compreender a importância do princípio de conservação da energia para a ciência e por consequência para a humanidade.

4. ANÁLISE

A avaliação formativa mostrou-se essencial em uma SEI, conforme enunciado por Carvalho (2013), porque ao final de cada atividade eram analisadas as respostas dos estudantes e a partir delas realizadas novas intervenções. A avaliação formativa em detrimento de uma somativa (classificação dos alunos) apontou que os estudantes

no decorrer da SEI apresentaram novos signos para a palavra energia e foram ampliando o seu vocabulário científico, como exemplo evidencia-se o ESTUDANTE 1 que inicialmente citou uma energia sendo perdida durante as transformações de energia e depois interpretou como a liberação de uma energia em forma de calor.

Além da avaliação dos processos percorridos pelos estudantes nas atividades investigativas, outra forma de avaliação utilizada foi a diagnóstica, que norteou toda a sequência didática e permitiu uma análise dos conhecimentos construídos durante a execução das atividades. Ao final, comparando as respostas em cada atividade percebe-se que os discentes se aproximaram dos conceitos aceitos cientificamente e superaram os de senso comum, por exemplo, uma aluna que citou que energia era tudo que aquecia e iluminava, ao apresentar o projeto final, trouxe exemplos de transformações de uma energia elétrica em uma energia mecânica. Mesmo os alunos que já tinham um conhecimento prévio mais adequado cientificamente sobre o princípio de conservação de energia foram expandindo a sua cultura científica e, portanto, aprimorando a linguagem científica apresentada em suas conclusões.

Além de uma avaliação formativa e diagnóstica, um ambiente dialógico foi fundamental para que os alunos expusessem e refletissem sobre os seus pensamentos, a não repressão a respostas incorretas propiciou a identificação de conceitos equivocadas e permitiu superação destes pelos próprios alunos. Observou-se uma maior autonomia, criatividade e protagonismo dos discentes, que apesar de receberem os mesmos materiais norteadores apresentaram resultados diferenciados. A exemplo dessa criatividade e autonomia, tem o ESTUDANTE 6 que tentou prender o arame nos blocos e percebeu que a vela não girava, depois não tinha um palito e adaptou com um tubo de caneta, proporcionando novos elementos para a discussão que não estavam previstos inicialmente. Também há o exemplo do ESTUDANTE 1 que não conseguiu construir o seu motor e modificou a sua proposta para apresentar o motor homopolar. Somado ao desenvolvimento da criatividade e autonomia, houve avanços nas habilidades de leitura e interpretação de textos que se mostraram presentes nos argumentos levantados ao final das atividades.

As transcrições de textos da internet, livros e alguns dos próprios colegas sofreram reduções durante a SEI, evidenciando que quando os problemas eram mais elaborados e havia um grau de liberdade intelectual maior, os estudantes precisavam de pesquisas e reflexões para respondê-las, promovendo a desconstrução dessa prática e estimulando a originalidade. Esse fato aponta um amadurecimento científico

e uma tomada de consciência sobre as suas próprias ações, que tornou-se possível devido a presença de um dos eixos estruturantes da alfabetização científica apontados por Sasseron e Carvalho (2008, p. 335) que diz: "A compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática". Com base nos resultados encontrados é possível identificar o desenvolvimento da alfabetização científica na SEI.

À luz da teoria sociointeracionista de Vygotsky, a interação entre os pares foi afetada devido as condições impostas pelo isolamento social, pois os experimentos da gangorra de vela e o projeto do motor foram realizados de forma individual, embora seja recomendado pela SEI a utilização de trabalhos em grupo durante a etapa de sistematização. Essa dificuldade indica a desistência de alguns estudantes que estariam na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e poderiam ter construídos novos conhecimentos através da interação social. As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) auxiliaram nessa etapa e demonstraram-se instrumentos importantes e aliados no processo de ensino e aprendizagem, mas não substituem a interação direta entre estudantes e professores.

Embora a SEI tenha contado com a participação de poucos alunos, situação presente em todo o período de ensino remoto devido à dificuldade ao acesso à internet e problemas de natureza física e mental dos alunos, todos os que concluíram as atividades e participaram do encontro do dia 22 de junho demonstraram interesse e citaram que conseguiram relacionar o que estudaram com o que vivenciam no seu dia a dia. Também foi observado ao longo das atividades que os estudantes passaram a apresentar mais questionamentos sobre os conceitos estudados e adotaram uma postura mais crítica sobre a importância da ciência para a sociedade.

Sendo assim, através da análise dos resultados evidencia-se que a construção de novos conhecimentos ocorreu a partir da proposição de problemas, conforme aponta o construtivismo de Piaget, deslocando o protagonismo do processo de ensino e aprendizagem do professor para o aluno. Um destaque que deve ser dado em sequências de ensino investigativas é a elaboração dos problemas e os graus de liberdade intelectual (CARVALHO, 2018) que mostraram ser fundamentais no desenvolvimento de habilidades para que ocorresse a passagem da ação manipulativa para o desenvolvimento intelectual.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática baseada no ensino por investigação, aplicada remotamente no mês de junho em uma escola da rede pública de Goiás, demonstrou a viabilidade da SEI para o estudo do conceito de energia e do seu princípio de conservação em turmas de segunda série, com a sua aplicação sendo anterior ao estudo das leis da termodinâmica. Na aula de sistematização das atividades de investigação tornou-se evidente que os estudantes apresentaram um amadurecimento em suas respostas, apresentando conceitos mais próximos dos aceitos cientificamente. Um outro ponto favorável na utilização de sequências investigativas com experimentos e textos científicos é a discussão sobre a natureza da ciência, em que os estudantes passam a ter uma visão mais realista do que é a ciência e passam a identificá-la como uma construção humana que reflete aspectos sociais e políticos de uma sociedade.

A análise das tecnologias digitais da informação e da comunicação (TDIC) no ensino de física não foram o enfoque da pesquisa, mas se mostraram essenciais para a aplicação da sequência investigativa em período de isolamento social, porque permitiram que os alunos pudessem dialogar e exporem as suas opiniões mesmo que distantes fisicamente. Uma sugestão para a reaplicação desse projeto seria utilizar os mesmos recursos tecnológicos dessa SEI, aliados aos ambientes escolares, para propiciar uma maior interação entre os discentes quando todos retornarem presencialmente às escolas.

O desenvolvimento da SEI em formato online e em período de isolamento social apresentou diversas fragilidades do ensino como a dificuldade de acesso à internet, a falta de experiência em metodologias de ensino ativa e a falta de autonomia e protagonismo dos estudantes estimulada pelo ensino tradicional. A utilização do ensino por investigação permite a melhoria de duas dessas três dificuldades e demonstra que os estudantes constroem conhecimentos científicos além de desenvolverem habilidades que permitem uma reflexão crítica sobre a sua realidade, propiciando a tomada de decisões conscientes na sociedade. Com base nos resultados encontrados durante a SEI, a proposta mostrou-se adequada para o modelo remoto, com viabilidade para uma aplicação presencial, devido à motivação e engajamento mostrado pelos estudantes na qual foram protagonistas no seu processo de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. **Revista Ciência & Educação**, v.9, n.1, P. 41-52, 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em 23 maio 2021.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, A. M. P et al. **Ensino de Ciências por Investigação**. P. 1- 20. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 18(3), p. 765 - 794, dez. 2018.
- CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de física. In: Carvalho, A. M. P et al. **Ensino de Física**. P. 53 – 78. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- GOIÁS. **Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás** (Versão preliminar). Disponível em <<http://www.seduc.go.gov.br/imprensa/documentos/arquivos/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%AAncia/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%AAncia%20da%20Rede%20Estadual%20de%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Goi%C3%A1s.pdf>> Acesso em 23 de maio de 2021.
- IBGE. **Formosa**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/formosa/panorama>. Acesso em 10 de set. de 2021.
- MARTINS, R. A. Introdução: a História das ciências e seus usos na educação. In SILVA, C. C. (Org.), **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- MARTINS, R. A. Mayer e a conservação da energia. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência** (6): 63-95, 1984.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2019.
- MUNFORD, D.; CASTRO E LIMA, M. E. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Revista Ensaio de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 89-111, jan-jun. 2007.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2000). **Inquiry and the National Science Standards: A guide for teaching and learning**. New York, National Academy Press.
- PASSOS, J. C. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n.3, 3603, 2009.
- POLITO, A. M. M. **A construção da estrutura da física clássica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- PROJETO POLÍTICO-PEDAGÓGICO DO CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL – COLÉGIO HUGO LÔBO. Goiás, 2020. 44 p.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. In: CARVALHO, A. M. P et al. **Ensino de Física**. p. 1 – 28. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n.3, p. 333-352, 2008.

SILVA, M. O.; SILVA, K. V. F. D.; PORTELA, C. D. P. Processo de leitura: um viés possível no ensino de física. In Portela, C. D. P. P (Org.), **Ensino por Investigação: Possibilidades e Reflexões no PIBID Física/IFPR**. Curitiba: Editora IFPR, 2019.

RICARDO, E. C; CAMPOS, A. O processo de contextualização do princípio de conservação da energia mecânica. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**: São Paulo, 2013. Disponível em http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0382-1.pdf. Acesso em 30 nov. 2021.

ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto – da relevância da história da ciência no ensino da física. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, v.5, p. 07-22, jun. 1988.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. 4.ed brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 168 p.

APÊNDICE A – ROTEIRO DA AI NO SIMULADOR**PROFESSOR(A):** Nayana Souza**DISCIPLINA:** FÍSICA**SÉRIE:** 2ª SÉRIE**Turma:** _____**Nome dos alunos:** _____

Orientações para atividade: Escolha um colega para analisar a atividade com você. Essa atividade e a análise com o seu grupo pode ser feita pelo Meet, WhatsApp ou outra plataforma online. Após realizar a análise com o seu grupo, escreva essa análise no fórum de discussão, os outros integrantes do grupo devem comentar que estão cientes da postagem.

Atividade no simulador sobre formas de energia

- Abrir a simulação do PhET - Formas e transformações de energia através do link <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-forms-and-changes>.
- Selecionar o ícone “Introdução”.
- Clicar nos símbolos de energia e ligar aquecedores.
- Colocar o recipiente com água e depois o recipiente com azeite nas superfícies para aquecimento.
- Colocar um termômetro em contato com o líquido em cada recipiente.
- Acionar o botão para aquecer e observar o que acontece com os termômetros. Informar qual dos recipientes teve um maior aumento de temperatura.
- Pressionar o botão e colocar em arrefecer (resfriar) para observar o que acontece com a energia. Informar se os recipientes estão recebendo ou perdendo energia.
- Retirar os dois recipientes do suporte (superfícies de aquecimento).
- Colocar um termômetro no bloco de ferro e outro no bloco de tijolo.
- Colocar cada bloco em um suporte e depois colocar o botão na posição “aquecer”. Observar o que acontece com a temperatura dos blocos. Informar qual o sentido da energia, quem está recebendo energia?
- Retirar os blocos do suporte e colocar um dos blocos no recipiente com água e o outro no recipiente com azeite.
- Observar o que acontece com o fluxo de energia nos sistemas bloco + líquido.
- Informar o que acontece com a temperatura e com a energia em cada um dos sistemas.
- Selecionar o ícone “Sistemas” para alterar a simulação.
- Clicar em “símbolos de energia”.
- Escolher ao menos três fontes de energia e observar o que acontece na simulação.

- Alterar a fonte secundária.
- Identificar quais as fontes escolhidas e quais as energias envolvidas. Explicar o que aconteceu nessa simulação.
- Fazer a análise sobre a atividade para explicar o que foi observado na simulação e qual(is) a(s) energia(s) envolvidas nesse processo. Para essa etapa é necessário que discuta com o seu grupo e proponha hipóteses para o que foi observado.

APÊNDICE B – ESTUDO DIRIGIDO DA AI DOS FRAGMENTOS DOS TEXTOS CIENTÍFICOS

NOME: _____

SÉRIE: 2ª série DISCIPLINA: **FÍSICA** TURMA: _____

PROFESSOR(A): NAYANA SOUZA DATA: **08/06/2021**

Orientações: Realizar a leitura dos fragmentos dos textos de Roberto A. Martins, “Mayer e a Conservação da Energia” e de Júlio C. Passos, “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica”. E responder o estudo dirigido abaixo, são 08 tópicos que orientam a atividade.

Após responder o estudo dirigido, faça um texto corrido (mínimo de 200 palavras) e coloque sua resposta no mural do *Padlet*, através do link (...). Lembre-se de colocar no título o nome e a turma.

A íntegra dos textos está disponível no drive, no link (...).

Estudo dirigido de textos

1. Leia o fragmento a seguir e escreva uma frase que possa apontar a ideia central desse parágrafo:

Fragmento retirado do texto “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica”, de Júlio C. Passos, página 3603-2:

“A produção moderna de energia começa com o emprego do vapor em meados do século XVII” [6]. As máquinas térmicas que então passaram a ser desenvolvidas e utilizadas inicialmente para bombear água das minas de carvão, foram aos poucos substituindo as rodas d’água e os rotores eólicos em várias atividades industriais. Mas o advento da máquina a vapor e a consequente revolução técnica que originou a revolução industrial também se beneficiou do desenvolvimento de mecanismos ocorrido durante os três séculos anteriores em que o vento e a água, além da força animal, reinaram como fontes absolutas de energia, conforme se lê em Hogben [6]. Foi preciso preparar o terreno para o florescimento de novas idéias e a cristalização do princípio de conservação da energia como lei geral e invariante da natureza.

2. Podemos dizer que o parágrafo abaixo está dando exemplos de quê? Relacionando-o com o parágrafo acima, é possível falar que não havia relações energéticas antes do século XVIII? Justifique a sua resposta com base nas leituras.

Fragmento retirado do texto “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica”, de Júlio C. Passos, página 3603-2:

Kuhn [5] mostra que já existia um conjunto de diferentes processos de conversão devido à proliferação de inúmeros fenômenos descobertos ao longo do século XIX, como a pilha de Volta, em 1800, que permitiu obter eletricidade por meio de reações químicas. Em 1822, Seebeck descobriu o efeito que leva o seu nome que relaciona o efeito térmico a um sinal elétrico (tensão) quando as extremidades de dois fios de materiais distintos estão em contato com meios a temperaturas diferentes [12]. Em 1834, Peltier verificou um efeito, que também leva o seu nome, reverso ao de Seebeck, que permite transferir calor de um ponto frio a um ponto quente, como um refrigerador, por meio da aplicação de uma tensão elétrica [12]. Também foi descoberta a relação do magnetismo com a eletricidade, dentre outros fenômenos.

3. Julius Robert Mayer, médico alemão, conseguiu responder questões fisiológicas a partir do princípio da conservação de energia e da equivalência. Lendo os fragmentos abaixo dos textos de Martins e Passos, como Mayer respondeu a esse problema? Os trechos amarelados que foram subtraídos do texto de Passos se referem a qual conceito científico?

Fragmento retirado do texto “Mayer e a Conservação da Energia”, de Roberto A. Martins, páginas 64, 65 e 66.

Mayer conhecia a teoria de Lavoisier a respeito do calor animal. Segundo esta teoria, o aquecimento dos animais é o resultado de um processo de combustão ou oxidação: o sangue arterial conduz a todas as partes do organismo o oxigênio, que reage nos tecidos, produzindo gás carbônico que é transportado pelo sangue venoso até os pulmões.⁴ Mayer considerou que a diferença entre a cor do sangue arterial e venoso seria devida à diferença entre seus conteúdos de oxigênio e gás carbônico. Ora, segundo Mayer, “para que o corpo humano possa ser mantido a uma temperatura uniforme, o *desenvolvimento* de calor dentro dele deve manter uma relação quantitativa com o calor *perdido* pelo corpo — deve depender, portanto, da temperatura do meio ambiente; portanto a produção de calor e o processo de oxidação, assim como a *diferença de cor dos dois tipos de sangue*, devem ser globalmente menores nas zonas tórridas do que em regiões temperadas.”³

Assim, Mayer explicava a diferença entre a cor do sangue venoso observado em europeus nos trópicos, e de europeus na Europa. Mas o encadeamento de idéias não parou aí. Mayer continuou a pensar a respeito da origem e dos efeitos produzidos pelo calor corporal. A fonte do calor, como se sabia na época, era o alimento absorvido pelo organismo. Mas a quantidade de calor que pode ser produzida pela combustão de uma determinada quantidade de matéria orgânica é limitada; e, se o alimento assimilado pelo organismo sofre uma oxidação completa, antes de ser eliminado, então ele produz no organismo todo o desprendimento de calor de que é capaz — nem mais, nem menos do que isso. Mas um ser vivo pode produzir calor de duas formas: uma, diretamente, pelo seu calor corporal; outra, produzindo atrito, que é capaz de gerar mecanicamente calor, através de seus órgãos. Mas Mayer considera que mesmo um organismo vivo é incapaz de gerar calor a partir do nada. Por isto, ele é levado a admitir que o calor *total* produzido por um ser vivo (isto é, a soma do calor corporal com o calor produzido mecanicamente pelo organismo) deve corresponder ao calor gerado por oxidação dos alimentos naquele ser vivo. Mas, nesse caso, o calor gerado pelos efeitos mecânicos do ser vivo deve ser limitado pela sua capacidade

de realizar esforço mecânico, e esta, por sua vez, pelo calor que pode ser gerado pelo alimento. Mayer conclui que "o calor produzido mecanicamente pelo organismo deve manter uma relação quantitativa invariável para com o trabalho gasto em sua produção." ⁵ Mas esse resultado deve ser válido, não só para organismos vivos, mas para qualquer tipo de processo da natureza. Portanto, Mayer conclui que o calor produzido através de uma ação mecânica qualquer é proporcional ao trabalho empregado.

Fragmento retirado do texto "Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica", de Júlio C. Passos, página 3603-2:

Na segunda metade do século XVIII, Lavoisier e Laplace publicaram em 1783 [13], o resultado de seus estudos sobre a fisiologia da respiração em um tratado sobre o calor ("Mémoire sur la Chaleur"), onde relacionavam o oxigênio inspirado com o calor perdido pelo corpo, conforme Kuhn [5], que permitiram que as primeiras idéias sobre o balanço de energia começassem a ser consideradas. Os conceitos de Lavoisier sobre a bioquímica e relacionados à oxidação do sangue foram retomados pelo médico alemão Julius Robert Mayer (1814-1878). Em 1840, Mayer estava a serviço da marinha holandesa, na ilha de Java [14], quando percebeu que o sangue de seus pacientes, no clima mais quente, era mais escuro do que no clima mais frio da Europa, e associou esta diferença da cor a maior quantidade de oxigênio no sangue, nas condições tropicais da ilha, causadas pela menor combustão dos alimentos para manter o calor do corpo [15]. Destas observações Mayer concluiu que mecânica dos músculos provinha química dos alimentos, sendo intercambiáveis mecânica, o calor e química [15]. Mayer considerou que a oxidação interna deve balancear-se com respeito à perda de calor pelo corpo bem como com respeito à atividade física que o corpo desempenha, conforme Kuhn [5]. Eis aí o princípio da e da equivalência dos processos de conversão de energia.

4. Mayer não usou o termo correto e atribuiu a uma conservação de "forças". Faça uma análise dos dois parágrafos abaixo e explique o princípio de conservação de energia (força) enunciado por Mayer.

Fragmento retirado do texto "Mayer e a Conservação da Energia", de Roberto A. Martins, páginas 66 e 67.

Pode-se descrever o conteúdo deste primeiro trabalho publicado de Mayer da seguinte maneira: ele está propondo um novo conceito — o conceito de “força” — e mostrando como esse conceito pode ser aplicado à física. As “forças” de Mayer são coisas que podem assumir diferentes formas, mas cuja quantidade não varia, e que se distinguem da matéria por não possuírem peso. Quando uma força muda de forma, diz-se que sua primeira forma é a causa da segunda forma; e, como a quantidade de “força” não varia, Mayer pode aplicar a esses fenômenos o princípio da igualdade das causas e dos efeitos.

[...]

Ao se ler o primeiro artigo de Mayer, é importante notar que há componentes apriorísticos ao lado de outros empíricos. Por um lado, Mayer enfatiza, como um princípio filosófico — portanto não-empírico, e não passível de teste — a idéia de que alguma coisa deve se conservar, nas transformações físicas. Ele justifica essa idéia a partir dos princípios metafísicos de que “nada pode surgir do nada”, “nenhuma coisa pode se transformar no nada”, e “a causa é igual ao efeito”. Mais especificamente, Mayer afirma que *duas* coisas independentes se conservam nos fenômenos: por um lado, a matéria; por outro lado, algo que corresponde a nosso conceito de energia: a força.

5. Os trabalhos de Mayer não foram bem aceitos pela academia, pois as comissões não o avaliaram digno de publicação. Outro pesquisador que teve dificuldade em publicar na Academia de Ciências foi James Prescott Joule.

Fragmento retirado do texto “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica”, de Júlio C. Passos, página 3603-5:

Um traço comum a Joule e Mayer é que tendo sido ambos cientistas “amadores” tiveram dificuldades para apresentar os seus resultados perante as Academias de Ciências.

6. Apesar dos desafios encontrados, hoje o trabalho de Joule é reconhecido e o seu sobrenome é conhecido como uma unidade de medida do SI, informe qual é a grandeza dessa unidade de medida.
7. Com base nos textos faça um breve resumo do que Joule propôs no seu trabalho e qual a lei descrita.

Fragmento retirado do texto “Mayer e a Conservação da Energia”, de Roberto A. Martins, página 70.

O primeiro trabalho de Joule diretamente ligado ao estudo da conservação da energia data de 1843 — o ano seguinte à publicação do primeiro artigo de Mayer. Ele apresentou este trabalho no dia 21 de agosto de 1843 na reunião da *British Association for the Advancement of Science*, em Cork.²³ O tema básico deste trabalho é o estudo do calor que surge em fenômenos eletromagnéticos. Entre outras coisas, Joule determina experimentalmente que o calor gerado na bobina de um eletroímã é proporcional ao quadrado da corrente elétrica que a percorre — o primeiro estudo quantitativo do “efeito Joule”. Ele mostra também que em um dínamo ou motor elétrico há uma relação entre o calor produzido pelas correntes elétricas e o trabalho gerado ou consumido. Suas primeiras medidas mostraram que o aquecimento de uma libra de água a 1°F era equivalente ao trabalho mecânico capaz de erguer 896 libras à altura de um pé — ou seja, um resultado correspondente a $1 \text{ cal} = 4,8 \text{ J}$. Em outras medidas descritas no mesmo artigo, os resultados apresentam uma ampla oscilação, entre 3,2 J/cal e 5,5 J/cal. Como observa muito bem Meyerson,²⁴ resultados tão incertos não eram muito adequados como provas empíricas da existência de uma relação *constante* entre trabalho e calor.

Fragmento retirado do texto “Mayer e a Conservação da Energia”, de Roberto A. Martins, página 72.

Joule apresentou esse novo trabalho na reunião da *British Association for the Advancement of Science* de 1847, em Oxford. Na ocasião, o presidente da seção pediu que Joule apenas desse uma versão verbal de suas experiências, ao invés de ler sua comunicação, pois havia pouco tempo disponível. Mesmo assim, a exposição de Joule impressionou favoravelmente alguns dos presentes, entre os quais William Thomson (posteriormente conhecido como Lord Kelvin).³⁴ O apoio de Thomson foi muito importante na aceitação dos resultados de Joule.

O artigo de Joule publicado na França provocou imediata reação. Séguin, sobrinho de Montgolfier, autor de um livro sobre estradas de ferro e máquinas a vapor,³⁵ publicou um artigo onde dizia já ter chegado, antes de Joule, a resultados muito semelhantes, pelo cálculo do trabalho realizado na expansão do vapor d'água; mas que não os publicara porque aguardava que experiências positivas viessem confirmá-las.³⁶

Um ano depois, a mesma revista publica uma carta de Mayer.³⁷ No estilo de sua carta transparece claramente a indignação de Mayer, que não conseguira a publicação de seu artigo apresentado à Academia francesa, e que vê agora o trabalho de Joule publicado, com a sanção de um comitê que incluía o mesmo Pouillet³⁸ que havia recusado seu trabalho.

Fragmento retirado do texto *Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica*, de Júlio C. Passos, página 3603-3.

Eis como Joule conclui um de seus trabalhos, conforme citado por Prigogine e Kondepudi [21, p. 34], “De fato, os fenômenos naturais, sejam eles mecânicos, químicos ou da vida, consistem quase unicamente em conversão entre a atração através do espaço (energia potencial), a força viva (energia cinética) e o calor. É assim que a ordem é mantida no universo - nada é perturbado, nada é nunca mais perdido, mas toda máquina, por mais complicada que seja, trabalha de forma continuada e harmoniosa” e conclui da seguinte forma “no entanto tudo é preservado com a mais perfeita das regularidades – o todo sendo governado pela soberana vontade de Deus”.

8. Mayer não ficou satisfeito com a publicação de Joule e o teor inovador dado as suas ideias, ele tentou reivindicar o pioneirismo da teoria. Leia abaixo sobre as alegações de Joule e Mayer, depois faça um comentário sobre os fatos levantados e qual foi o favorecido nessa disputa.

Fragmento retirado do texto Mayer e a Conservação da Energia, de Roberto A. Martins, páginas 73 e 74.

Nesta carta, Mayer tenta estabelecer sua prioridade na descoberta das transformações mútuas de poder mecânico em calor, e afirma ter sido o primeiro a calcular o equivalente mecânico do calor. Desconhecendo o conjunto dos trabalhos de Joule, e pensando que o inglês só havia investigado a relação entre calor e poder mecânico, Mayer enfatiza que em seu próprio trabalho havia também estudado transformações de poderes magnéticos, elétricos, químicos, etc.

Joule responde com uma carta ³⁹ onde se refere a seus trabalhos de 1841,⁴⁰ para tentar estabelecer sua prioridade sobre Mayer. Mas nesses trabalhos, em que Joule estudava certas propriedades de reações químicas, não havia qualquer enunciado da lei da conservação da energia, em toda a sua generalidade, nem qualquer avaliação do equivalente mecânico do calor. Esses trabalhos de 1841, em resumo, não antecipam o trabalho de Mayer. Em sua carta, Joule faz uma breve descrição de todos os seus trabalhos, e afirma que não tinha qualquer conhecimento dos artigos de Mayer.⁴¹

Joule faz também uma forte acusação: a de que o cálculo de Mayer do equivalente mecânico do calor parte do pressuposto de que o calor específico de um gás não depende de sua densidade, e que, na época em que Meyer escrevera seu primeiro artigo, todos acreditavam no contrário:

“... A opinião geral, de acordo com as experiências dos senhores de la Rive e Marcet, era de que o calor específico de um gás varia com a pressão à qual está submetido; de onde se segue que a conclusão não fundamentada do sr. Mayer, que não estava em concordância com os fatos conhecidos nessa época, não deveria chamar a atenção dos sábios.”⁴²

Fragmento retirado do texto “Mayer e a Conservação da Energia”, de Roberto A. Martins, página 75.

Na Inglaterra, Tait e Kelvin assumiram a defesa da prioridade de Joule, procurando diminuir a importância da obra de Mayer; Tyndall, por outro lado, empenhou-se na defesa da validade do trabalho de Mayer.⁵² Em 1865, Mayer escreve uma carta a Tyndall, agradecendo seu apoio; nesta carta, refere-se aos artigos publicados nas *Comptes Rendus*, e indica que, como Joule não havia respondido à sua última carta, deve ter concordado com ela. Tyndall publica parte da carta,⁵³ e Tait e Joule reagem violentamente,⁵⁴ reafirmando que Mayer não tinha base alguma para seus cálculos. Joule chega ao ponto de sugerir que Mayer mentiu ao dizer que se baseou nos resultados da experiência de Gay-Lussac:

“Não fui capaz de consultar o primeiro volume das *Mémoires d'Arcueil*, que contém a descrição da experiência de Gay-Lussac; mas é seguro que seu resultado, conforme descrito pelo sr. Mayer, não foi acolhido ou lembrado pelo mundo científico, de tal forma que Regnault e eu próprio fomos considerados pelos outros, e consideramo-nos, os pesquisadores originais deste assunto. Além disso, pode-se perceber a partir dos trabalhos do sr. Mayer que ele nada sabia desta experiência de Gay-Lussac ao escrever sua famosa memória de 1842...”⁵¹

Fragmento retirado do texto “Mayer e a Conservação da Energia”, de Roberto A. Martins, página 75.

Retornemos um pouco a 1847. Neste ano, em que os trabalhos de Joule começam a ser mais conhecidos, aparece o magnífico trabalho de Helmholtz sobre a conservação da energia.⁵³ Ao contrário de Joule e Mayer, Helmholtz possui um bom conhecimento (embora não completo) do trabalho de outros pesquisadores; e tem uma capacidade e preocupação de fornecer uma visão teórica aprofundada, detalhada e unificada de todos os processos de transformação de energia — começando pela mecânica, e aprofundando-se nos processos térmicos e eletromagnéticos. Helmholtz refere-se a Joule (cujos resultados experimentais, no entanto, lhe parecem pouco precisos), mas não se refere a Mayer, embora descreva cálculos de Holtzmann⁵⁴ que se assemelham muito aos de Mayer.

Na reedição de seu trabalho, em 1881,⁵⁵ Helmholtz adiciona uma série de notas. Em uma delas, ele se refere aos dois primeiros trabalhos de Mayer, afirmando não conhecê-los em 1847. Helmholtz inclina-se mais favoravelmente aos trabalhos de Joule do que aos de Mayer, e desenvolve longas considerações metodológicas que foram publicadas por Tait, sob a forma de uma carta,⁵⁶ em defesa da prioridade de Joule, e minimizando a importância de Mayer.

9. É interessante observar que vários pesquisadores estavam estudando sobre o problema da conservação de energia.

Fragmento retirado do texto “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica”, de Júlio C. Passos, página 3603-3.

segundo Kuhn [5], doze pessoas entre 1830 e 1850, de forma mais ou menos independente e em vários países da Europa, ocuparam-se do problema da conservação da energia. Nesta lista, encontramos os seguintes nomes: Mayer, Joule, Colding, Helmholtz, Sadi Carnot, Marc Séguin, Boltzmann, Hirn, Mohr, Grove, Faraday e Liebig.

Fragmento retirado do texto “*Mayer e a Conservação da Energia*”, de Roberto A. Martins, página 77.

Embora antigamente se desse muita ênfase ao problema de prioridade, tentando-se descobrir quem foi o primeiro a propor determinada idéia, atualmente admite-se que grande parte das descobertas científicas são feitas independentemente por várias pessoas, isto é, são descobertas múltiplas.⁵⁹

O surgimento da lei da conservação da energia já foi estudado por Kuhn como um caso de descoberta simultânea por uma dúzia de cientistas independentes.⁶⁰ O trabalho de Kuhn é interessante, mas tem o defeito de tender a enfatizar o paralelismo e a semelhança entre várias propostas, deixando de lado as importantes diferenças entre os problemas estudados por esses doze autores, a metodologia por eles utilizada, a conceituação adotada e a base empírica utilizada em cada um dos casos.

Agora reúna as suas anotações do estudo dirigido e faça um texto único para postar no mural do *Padlet*.

APÊNDICE C – ORIENTAÇÃO PARA A EXPERIMENTAL DA GANGORRA DE VELA E PARA A AI DO PROJETO DO MOTOR

PROFESSOR(A): **Nayana Souza**

DISCIPLINA: **FÍSICA**

SÉRIE: **2ª SÉRIE**

Turma: _____

Nome do aluno _____

- **Orientações para a atividade:** realize a atividade com os materiais que você tem em casa, tenha cuidado para não se machucar e procure o auxílio de um adulto. Grave um vídeo mostrando a atividade experimental e explique o que você observou a partir dela. Os vídeos enviados serão compilados e apresentados em nossa aula pelo Meet/YouTube e disponibilizados na plataforma do *Google Classroom*, sinta-se à vontade caso não queira mostrar o seu rosto. Você pode adaptar essa atividade, caso não tenha algum dos materiais.
- **Data de entrega:** 15/06/2021 pelo WhatsApp ou pelo e-mail (...).

Atividade Experimental – Gangorra de Vela

I. **Materiais:** 01 vela nova; 1 palito de dente ou de churrasco; 1 agulha; faca ou estilete; 1 superfície metálica ou de papel; 02 copos de vidro.

II. Procedimentos

- A atividade experimental e as suas conclusões acerca dela devem ser gravadas, não é necessário que mostre o seu rosto.
- Deixar o pavio da parte de baixo da vela aparente igual a parte superior.
- Utilizar um alicate ou outro material isolante para segurar a agulha e aquecer a extremidade dessa agulha no fogo.
- Encontrar o centro de massa da vela e realizar um furo com a agulha aquecida.
- Colocar o palito de dente no furo de forma que ele fique bem apertado.
- Colocar os dois copos em cima de uma superfície protetora (papel alumínio, forma de bolo, dentre outras) para evitar que a cera caia na mesa.
- Apoiar as extremidades do palito nos copos.
- Acender as duas extremidades da vela.
- Analisar o que acontece com a vela e elaborar uma explicação para o que está sendo observado.

Agora que já finalizou essa atividade, construa o seu próprio motor (pode ser elétrico, a vapor, como preferir). Justifique a escolha do seu projeto e quais as energias envolvidas nele. Explique onde esse tipo de motor é utilizado em nosso cotidiano. Caso não consiga construir o motor, você pode pegar algum motor na sua

casa e explicar o funcionamento deste e outras aplicações possíveis para esse modelo. O importante nessa atividade é que você elabore uma explicação para o funcionamento dos motores, pense com a cabeça de um cientista!