

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

José Márcio de Oliveira Duque

**Laboratório interdisciplinar de transformação de energia para ensino de ciências no 9º
ano do ensino fundamental**

Juiz de Fora

2024

José Márcio de Oliveira Duque

**LABORATÓRIO INTERDISCIPLINAR DE TRANSFORMAÇÃO DE
ENERGIA PARA ENSINO DE CIÊNCIAS NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Dr. Paulo Henrique Dias de Menezes

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Duque, José Márcio de Oliveira.

Laboratório interdisciplinar de transformação de energia para ensino de ciências no 9º ano do ensino fundamental / José Márcio de Oliveira Duque. -- 2024.

104 f.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2024.

1. laboratório multidisciplinar. 2. energia. 3. reutilização de materiais. 4. ensino de física. I. Menezes, Paulo Henrique Dias, orient. II. Título.

José Márcio de Oliveira Duque

Laboratório interdisciplinar de transformação de energia para ensino de ciências no 9º ano do ensino fundamental

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 11 de outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Henrique Dias de Menezes- Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Ely Roberto da Costa Maués

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof. Dr. José Roberto Tagliati

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 30/09/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique Dias Menezes, Professor(a)**, em 23/10/2024, às 10:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Roberto Tagliati, Professor(a)**, em 30/10/2024, às 14:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ely Roberto da Costa Maués, Usuário Externo**, em 02/11/2024, às 21:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2010880** e o código CRC **3F978AB2**.

Dedico este trabalho aos meus pais, por serem a base de tudo o que sou e por sempre acreditarem em meus sonhos. À minha esposa, por seu amor e apoio constante, que me motivaram a seguir em frente. Dedico também aos meus irmãos, por estarem sempre ao meu lado, e a todos os professores que, com suas orientações, ajudaram a moldar meu caminho. Este trabalho é para vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força e inspiração para superar todos os desafios ao longo desta jornada. Aos meus pais e irmãos, pelo amor e apoio incondicional que sempre me deram, acreditando em meu potencial. Agradeço também aos meus colegas professores, pelo compartilhamento de conhecimento e experiências que enriqueceram minha caminhada acadêmica.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Paulo Menezes, por sua orientação, paciência e sabedoria, fundamentais para a conclusão deste trabalho. E, por fim, à minha esposa Natália, pelo carinho, compreensão e suporte em todos os momentos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“Nada na vida é para ser temido, é apenas para ser compreendido. Agora é a hora de compreender mais, para que possamos temer menos” (Marie Curie)

RESUMO

O ensino de Física, alinhado à compreensão das mudanças ambientais e à necessidade de preservação do meio ambiente, além de promover uma aprendizagem efetiva sobre os fenômenos naturais, pode contribuir significativamente para a superação dos problemas da sociedade contemporânea. Atualmente, há uma visão difundida na comunidade escolar de que o conteúdo de Física é complexo e difícil de entender, com os estudantes não percebendo sua utilidade no cotidiano. Isso se deve, em grande parte, a uma abordagem que prioriza a interpretação matemática do conteúdo, afastando o interesse dos alunos. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativo para explorar as transformações de energia no nono ano do ensino fundamental, de maneira abrangente, integrando conteúdos de Física, Biologia e Química. A proposta utiliza o ensino por investigação, com experimentos simples elaborados a partir de materiais recicláveis, tornando os alunos protagonistas de seu aprendizado. A reutilização de materiais como forma de reduzir o aumento do lixo no planeta é uma estratégia para construir aulas experimentais de baixo custo, além de estimular o interesse dos alunos pela preservação ambiental. O primeiro contato com a Física ocorre, geralmente, no 9º ano do Ensino Fundamental, momento crucial para a formação da percepção dos alunos sobre a disciplina. Esta proposta busca fazer com que os alunos percebam a Física de maneira mais orgânica e integrada às questões do mundo em que vivem, diminuindo o medo que levam para o Ensino Médio. Ao final do trabalho, promovemos um aprendizado científico mais efetivo e prazeroso para os estudantes.

Palavras-chave: laboratório multidisciplinar, energia, reutilização de materiais, ensino de física.

ABSTRACT

The teaching of Physics, aligned with the understanding of environmental changes and the need for environmental preservation, in addition to promoting effective learning about natural phenomena, can significantly contribute to overcoming the problems faced by contemporary society. Currently, there is a widespread perception in the school community that Physics content is complex and difficult to understand, with students not perceiving its usefulness in everyday life. This is largely due to an approach that prioritizes the mathematical interpretation of content, thus disengaging students. This work proposes the development of an investigative teaching sequence to explore energy transformations in the ninth grade of elementary school, in a comprehensive manner, integrating Physics, Biology, and Chemistry content. The proposal utilizes inquiry-based learning with simple experiments made from recyclable materials, making students the protagonists of their own learning. Reusing materials to reduce the increase in waste on the planet is a strategy to build low-cost experimental classes, as well as to stimulate students' interest in environmental preservation. The first contact with Physics generally occurs in the ninth grade of elementary school, a crucial moment for shaping students' perception of the subject. This proposal aimed to make students perceive Physics in a more organic way, integrated with the issues of the world they live in, reducing the fear they carry into high school. At the end of this work, we promoted a more effective and enjoyable scientific learning experience for the students.

Keywords: Multidisciplinary Laboratory, Energy, Reuse, Physics Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pêndulo.....	24
Figura 2 – Os experimentos executados.....	40
Figura 3 – Resposta enfatizando que a energia pode “faltar”.....	43
Figura 4 – Resposta enfatizando a preservação dos recursos naturais.....	43
Figura 5 – Resposta ressaltando a preservação ambiental e a sustentabilidade.....	43
Figura 6 – Resposta levando em consideração a economia financeira.....	44
Figura 7 – Foto do quadro com as respostas prévias para pergunta “o que é energia?”.....	45
Figura 8 – Organização da experiência da Usina.....	47
Figura 9 – Organização da experiência do Amendoim.....	48
Figura 10 – Organização da experiência do Carrinho.....	48
Figura 11 – Execução do Calorímetro utilizando uma cortiça na base.....	50
Figura 12 – Execução do Calorímetro utilizando um pedaço de isopor na base.....	50
Figura 13 – Execução da Usina Termelétrica utilizando a base de isopor e a ventoinha feita somente com uma parte de uma lata.....	51
Figura 14 – Execução da Usina Termelétrica utilizando a base de madeira e o suporte da ventoinha com palitos de picolé.....	52
Figura 15 – Execução do Carrinho de Bicarbonato e Vinagre.....	52
Figura 16 – Relatório de modificações do grupo da Usina Termelétrica.....	53
Figura 17: Quadro com as perguntas para orientar as pesquisas.....	54
Figura 18: Resposta sobre a pergunta problema.....	56
Figura 19: Resposta sobre a pergunta problema.....	56
Figura 20: Resposta sobre a pergunta problema.....	56
Figura 21: Mapa conceitual com os novos conhecimentos adquiridos pelos alunos.....	58
Figura 22: Resposta de um aluno na atividade avaliativa.....	59
Figura 23: Resposta de outro aluno na atividade avaliativa.....	59
Figura 24: Resposta do aluno a outra questão da atividade avaliativa.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1. O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	14
2.2. ALFABETIZAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA.....	15
2.3. LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	16
2.4. A SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (SEI).....	17
2.5. MAPA CONCEITUAL.....	20
3 O CONCEITO DE ENERGIA.....	22
3.1. O QUE É ENERGIA?.....	22
3.2. COMO A ENERGIA SE MANIFESTA?.....	23
3.2.1. Energia Potencial Gravitacional.....	23
3.2.2. Energia Cinética.....	24
3.2.3. Energia Total.....	25
3.3. LEI DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA.....	26
3.4. ABORDAGEM DO TEMA ENERGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	27
3.4.1 O Conceito de Energia no Ensino Fundamental.....	28
3.4.2 O Conceito de Energia no Ensino Médio.....	29
3.5. COMO FOI ABORDADO O TEMA NA APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	31
4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO.....	33
4.1. LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	33
4.2. FORMULAÇÃO DE QUESTÕES-PROBLEMA.....	33
4.3. PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE EXPERIMENTOS.....	34
4.4. COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	35
4.5. DISCUSSÃO E SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS.....	35
4.6. APLICAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DO CONHECIMENTO.....	35
5 RELATO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	38
5.1. RELATO DA APLICAÇÃO.....	38
5.1.1 Levantamento dos Conhecimentos Prévios.....	38
5.1.2 A Realização dos Experimentos.....	39
5.1.3 Explorando Novos Conhecimentos.....	41
5.2. ANÁLISE DA APLICAÇÃO.....	42
5.2.1 A questão problema (1ª aula do 1º encontro - 05/04).....	42
5.2.2 Levantamento dos conhecimentos prévios (2ª aula do 1º encontro - 05/04).....	44
5.2.3 Montagem das Experiências (aulas 3 e 4 do 2º encontro - 12/04).....	46
5.2.4 Execução das Experiências (3º encontro - aulas 5 e 6 - 28/04).....	49
5.2.5 Verificando o conhecimento adquirido (4º encontro - aulas 7 e 8 - 05/05).....	54
5.2.5.1 Discussão sobre os princípios físicos observados nas experiências.....	54
5.2.5.2 Discussão sobre a pergunta-problema (Por que devemos economizar Energia?).....	55
5.2.5.3 Construção de um mapa conceitual dos novos aprendizados sobre energia...	

57

5.2.5.4 Perguntas apresentadas na avaliação bimestral sobre o tema energia.....59

5.2.5.5 Discussão com a turma sobre a SEI na visão dos alunos.....61

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 63

REFERÊNCIAS..... 66

APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL..... 68

1 INTRODUÇÃO

O ensino de física desempenha um papel crucial na formação científica e crítica dos estudantes, especialmente no contexto das mudanças ambientais e da necessidade urgente de preservação do meio ambiente. No entanto, a percepção disseminada na comunidade escolar de que o conteúdo de física é complexo e distante da realidade cotidiana representa um obstáculo significativo para a aprendizagem efetiva dessa disciplina. Muitos estudantes consideram a física difícil de compreender e não conseguem enxergar sua aplicabilidade prática, uma situação exacerbada pela abordagem tradicional que enfatiza a interpretação matemática dos fenômenos físicos, afastando ainda mais o interesse dos alunos.

Diante desse cenário, este trabalho propõe uma abordagem inovadora e interdisciplinar para o ensino das transformações de energia no nono ano do ensino fundamental, momento em que comumente a disciplina de Ciências é separada em Biologia, Física e Química, demonstrando aos alunos que eles, em seu conhecimento prévio (Ausubel, 1980), já estudavam tais disciplinas.

A proposta consiste em desenvolver uma sequência de ensino investigativo, conforme sugerido por Carvalho (2018), que integra conteúdos de Física, Biologia e Química, utilizando experimentos simples e acessíveis, elaborados com materiais recicláveis. Ao adotar o ensino por investigação, busca-se envolver os alunos de maneira ativa e protagonista, promovendo uma aprendizagem mais significativa (Ausubel, 1980) e conectada às questões reais do mundo contemporâneo. Além disso, um dos objetivos centrais deste trabalho é desenvolver um plano de ensino que possa apoiar outros educadores a explorar temas de Física de maneira mais contextualizada e interdisciplinar no nono ano do ensino fundamental.

Além de facilitar a compreensão dos conceitos científicos, a reutilização de materiais como recurso didático também visa fomentar a conscientização ambiental entre os estudantes, oferecendo uma alternativa de baixo custo para a implementação de aulas experimentais. Esse primeiro contato com a Física no 9º ano do ensino fundamental é decisivo para moldar a percepção dos alunos sobre a disciplina e, conseqüentemente, para reduzir o receio que muitos carregam ao ingressar no ensino médio.

O conteúdo de energia é frequentemente apresentado de maneira superficial, sem considerar as dificuldades dos alunos e sem destacar que se trata de um princípio fundamental em toda a natureza. Os estudantes começam o estudo sem compreender adequadamente os conceitos de conservação, transformação e transferência de energia (Solbes e Tarín, 1998).

Diante desse contexto e do fato de que o tema Transformação de Energia é vasto e permeia as três disciplinas das Ciências da Natureza, a escolha desse foco torna-se natural.

De acordo com Feynman (citado por Leighton e Sands, 1977, p. 4), a preservação é a propriedade mais essencial da energia, declarando que é impossível entender a energia sem transformá-la; eles afirmam que “há uma certa quantidade, que chamamos de energia, que permanece constante durante as várias transformações que ocorrem na natureza”. Assim, optamos por desenvolver um Laboratório de Transformação de Energia com o objetivo central de servir como elo entre os conhecimentos já adquiridos sobre o assunto, enriquecendo a compreensão dos alunos sobre a energia e ampliando sua visão para além da mera concepção de eletricidade.

Assim, esta dissertação tem como objetivo apresentar e analisar os resultados de uma sequência de ensino investigativo voltada para as transformações de energia, destacando os benefícios dessa abordagem interdisciplinar na promoção de um aprendizado científico mais efetivo e prazeroso. Espera-se que a implementação dessa proposta contribua para uma visão mais integrada e prática da Física, estimulando o interesse e a motivação dos alunos e preparando-os melhor para enfrentar os desafios acadêmicos futuros.

No capítulo 2, apresentamos a fundamentação teórica que serviu de base para a aplicação do produto desenvolvido nesta dissertação. Discutiremos o ensino de Ciências e como o produto se harmoniza com a sequência de ensino por investigação, conforme proposto por Carvalho (2018). Além disso, exploraremos como as ideias de aprendizagem significativa de Ausubel são integradas na sequência, utilizando mapas conceituais para avaliar os resultados do produto de forma efetiva.

No capítulo 3, abordamos os conceitos de energia, destacando os estudos de Feynman e analisando como esse tema é tratado em diversos níveis da educação básica. Exploramos as definições mais comuns presentes nos ensinos fundamental e médio e concluímos justificando a escolha do tema na sequência de ensino proposta, utilizando como referência os descritores da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

No Capítulo 4, apresentamos de forma detalhada, por meio de imagens e dados, a aplicação do produto, destacando a interação dos alunos, bem como as dificuldades e facilidades de abordar o tema utilizando essa sequência de ensino. Também realizamos uma análise minuciosa dos dados coletados em aula, demonstrando a importância de transferir o protagonismo dos professores para os alunos, a fim de promover um aprendizado científico mais eficaz e menos tradicional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Embora tenha havido esforços para fundamentar a aplicação do produto em três teorias de aprendizagem distintas: a aprendizagem significativa de David Ausubel, a sequência de ensino por investigação de Ana Maria Pessoa de Carvalho e as ideias de contexto social e aprendizagem de Paulo Freire, também nos amparamos em alguns aspectos do ensino de ciências descritos por Daniel Gil Pérez.

2.1. O ENSINO DE CIÊNCIAS

Consideramos crucial abordar a distinção entre o ensino de conteúdos científicos e o ensino sobre a ciência, como proposto por Gil Pérez. Enquanto o ensino de conteúdos científicos se concentra na transmissão de conhecimentos específicos, o ensino sobre a ciência visa desenvolver uma compreensão mais ampla e crítica do processo de construção da própria ciência.

Segundo Gil Pérez (1991, p. 35), o ensino de conteúdos científicos enfatiza a transmissão de conhecimentos, enquanto o ensino sobre a ciência busca a compreensão do processo de construção do conhecimento científico. Essa distinção é fundamental para promover uma abordagem educacional mais abrangente e reflexiva.

Conforme destacado por Matthews (1994), o ensino sobre a ciência permite aos alunos entender não apenas “o quê” da ciência, mas também o “como” e o “porquê” dos conhecimentos científicos. Isso contribui para uma educação em ciências mais significativa e contextualizada, alinhada com as demandas de uma sociedade cada vez mais baseada no conhecimento científico e tecnológico.

Dessa forma, ao reconhecer essa distinção, é possível justificar a importância de uma abordagem que vá além do mero ensino de conteúdos, buscando formar estudantes mais críticos e engajados com a ciência. Como ressalta Abell (2007), o ensino de ciências deve capacitar os alunos a pensar como cientistas, compreendendo não apenas os fatos científicos, mas também os processos e as práticas científicas.

Portanto, ao integrar as perspectivas de Gil Pérez às de outros estudiosos sobre o ensino de ciências, é possível embasar a escolha de uma abordagem pedagógica que priorize não apenas a transmissão de conceitos, mas também o desenvolvimento de habilidades científicas e uma compreensão mais aprofundada do processo de construção da ciência.

Com base nessas ideias, é possível compreender o motivo de se utilizar uma sequência de ensino investigativo (SEI) como principal metodologia nas aulas de ciências. Essa metodologia elimina a necessidade de decorar conceitos, transformando-se em uma

abordagem que permite a prática da ciência com os alunos, de modo a construir o conhecimento científico. Dessa forma, justifica-se a conexão entre a sequência didática e a prática da ciência em sala de aula.

2.2. ALFABETIZAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

A alfabetização científica é fundamental para a formação de indivíduos capazes de compreender e participar ativamente em discussões sobre ciência e tecnologia, que desempenham papéis centrais na sociedade contemporânea. Segundo Chassot (2003), a alfabetização científica transcende o mero domínio de conteúdos escolares, envolvendo a capacidade de interpretar, criticar e utilizar informações científicas no dia a dia. Esse processo visa capacitar os estudantes a tomarem decisões informadas e a se envolverem em debates que envolvam questões sociais, ambientais e éticas.

Uma dimensão essencial dessa alfabetização é a argumentação científica, que, de acordo com Osborne, Erduran e Simon (2004), desempenha um papel central na construção do conhecimento científico e na educação em ciências. A argumentação científica envolve o desenvolvimento de habilidades como a formulação de hipóteses, a interpretação de dados e a construção de justificativas baseadas em evidências. Essas habilidades não apenas contribuem para o aprendizado mais profundo dos conceitos científicos, mas também para a formação de cidadãos críticos e reflexivos.

No contexto educacional, implementar estratégias que promovam a alfabetização e a argumentação científica implica criar ambientes de aprendizagem onde os alunos possam explorar, questionar e construir conhecimento de maneira ativa e colaborativa. Kuhn (1993) destaca que a argumentação científica também é um meio poderoso de desenvolver habilidades cognitivas superiores, como análise, síntese e avaliação, alinhadas ao pensamento crítico. Por meio da argumentação, os estudantes aprendem a diferenciar entre evidências confiáveis e informações especulativas, habilidades essenciais no mundo contemporâneo.

Uma das abordagens eficazes para promover essas competências é o uso de sequências didáticas baseadas na investigação científica. Segundo Carvalho (2018), essas sequências favorecem a participação ativa dos estudantes, permitindo que eles se engajem em processos que simulam práticas científicas autênticas. Atividades como debates, estudos de caso e experimentações contextualizadas são estratégias que facilitam o desenvolvimento tanto da alfabetização quanto da argumentação científica. Nesses cenários, os alunos são encorajados a defender suas ideias, confrontar perspectivas diferentes e validar conclusões com base em evidências experimentais.

Portanto, integrar a alfabetização e a argumentação científica no ensino de ciências não apenas melhora o aprendizado dos conteúdos escolares, mas também prepara os alunos para enfrentar os desafios de uma sociedade cada vez mais mediada pela ciência e tecnologia. Assim, cabe aos professores criar oportunidades e ambientes que incentivem esses processos, promovendo uma educação em ciências que seja tanto transformadora quanto socialmente relevante.

2.3. LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A primeira parte da sequência didática fundamenta-se na ideia da aprendizagem significativa de Ausubel, na qual a aquisição de um novo conhecimento tem como base os conhecimentos prévios dos alunos, denominados de subsunçores. Ausubel et al. (1980) propõem esses conhecimentos como organizadores prévios, que servem como “pontes cognitivas”, ou seja, são informações e recursos introdutórios que devem ser explorados antes dos conteúdos. Dessa forma, o autor explicita a necessidade de uma base de conteúdos antes de iniciar um novo assunto.

Na nossa proposta, os alunos devem expressar o que entendem por energia, sendo questionados individualmente. Isso permite perceber quais conhecimentos prévios eles possuem sobre o tema e quais deles servirão como ponte para que o novo conteúdo seja aprendido de forma significativa. Para isso, buscamos identificar os conteúdos relevantes na estrutura cognitiva dos alunos, por meio da pergunta: “O que é energia?”. Fornecemos uma visão geral da sequência de aulas, orientadas em torno de uma situação problema, que será descrita mais adiante, e apresentamos os elementos organizacionais inclusivos que deverão conduzir à assimilação significativa dos conhecimentos, seguindo as orientações de Moreira (2011).

Para Ausubel et al. (1980), a aprendizagem significativa pode ocorrer de duas maneiras: por recepção e por descoberta. Pelo fato de nossa sequência didática ser baseada no ensino por investigação, optamos pela aprendizagem por descoberta. Na aprendizagem por descoberta, o aluno deve aprender por observação, de forma que consiga ligar seus conceitos prévios a um novo conceito. Ausubel afirma que a aprendizagem só será significativa se o conteúdo descoberto for incorporado aos conceitos subsunçores já existentes, possibilitando ao aluno produzir um novo conceito.

2.4. A SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (SEI)

O produto educacional que elaboramos tem como principal base o ensino de ciências por investigação. Conforme definido por Carvalho (2018), o ensino investigativo consiste em ensinar os conteúdos científicos criando condições para que os alunos possam: pensar, levando em conta seus conhecimentos prévios; falar, demonstrando habilidade argumentativa e a construção de novos conhecimentos; ler, compreendendo criticamente o conteúdo lido e aplicando-o no dia a dia; escrever, evidenciando autoria e clareza nas ideias expostas, com cada aluno respondendo ao conhecimento adquirido de maneira singular.

Assim, uma sequência de ensino por investigação não apenas possibilita que os alunos aprendam um novo conteúdo, mas também os capacita a se expressar verbalmente, argumentar, compreender textos científicos e escrever com clareza sobre o tema abordado. Ao longo da SEI, espera-se que os alunos ganhem confiança para discutir o assunto e percebam que a física não é tão complexa quanto imaginam. A abordagem por investigação se aproxima muito do método científico e permite que o aluno compreenda como se faz ciência.

Uma das premissas da SEI é a apresentação de uma situação-problema a ser resolvida ao longo da sequência. Carvalho (2018) destaca que um bom problema é aquele que possibilita aos alunos passar das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica); e construir explicações causais e legais (os conceitos e as leis).

A situação-problema escolhida para abordarmos o tema energia foi: “Se a energia não pode ser destruída nem criada, por que devemos economizá-la?” Para intensificar essa situação, também propomos apresentar o princípio de Lavoisier de conservação da matéria: “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. A partir dessas provocações, estimulamos os alunos a refletirem sobre o questionamento apresentado.

De acordo com Carvalho (2018), na proposição de uma SEI é essencial considerar o grau de liberdade que os alunos terão durante a sequência, conforme indicado no Quadro 1.

Quadro 1 – Graus de Liberdade de Professor (P) e Aluno (A) em atividades experimentais

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

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

Os graus de liberdade da SEI referem-se à flexibilidade que o professor oferece aos alunos durante o processo investigativo, variando entre abordagens mais guiadas e outras mais autônomas. Schwab (1978) enfatiza que a liberdade dentro de uma estrutura planejada é essencial para que os estudantes possam explorar e construir conhecimento enquanto permanecem alinhados aos objetivos educacionais. Essa escolha depende da maturidade e experiência dos alunos no método investigativo, bem como da complexidade do tema abordado.

Nas abordagens mais estruturadas, os alunos recebem roteiros detalhados que direcionam todas as etapas do experimento, desde a formulação de hipóteses até a coleta e análise de dados. Essa estratégia é útil para iniciantes, pois reduz a ansiedade e garante maior controle sobre os resultados, promovendo um aprendizado inicial sólido (Gómez & Adúriz-Bravo, 2007). Por outro lado, quando os alunos possuem maior familiaridade com o processo investigativo, é possível oferecer mais autonomia, permitindo que eles desenvolvam seus próprios experimentos, definam objetivos e planejem os procedimentos, o que estimula criatividade e pensamento crítico.

Essa flexibilidade também está alinhada às ideias de Ausubel (1968) sobre aprendizagem significativa, na qual a conexão entre novos conceitos e os conhecimentos prévios é mais profunda quando os alunos têm oportunidade de explorar e contextualizar os temas de forma ativa.

Levando em consideração que se trata de uma proposta didática para uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental, que está tendo seu primeiro contato com o ensino por investigação e também com a disciplina de Física, optamos por transitar entre os graus 2, 3 e 4 de liberdade. Para isso, propomos a seguinte organização:

- O professor apresenta o problema e sugere as experiências por meio de roteiros (o que transfere a liberdade para o grau 2); no entanto, esses roteiros incluem espaços para que os alunos possam pensar sobre a forma de montar os experimentos. Pode-se, por

exemplo, suprimir as imagens para que os estudantes decidam sobre como montá-las, com a supervisão do professor (voltando ao grau 3).

- As experiências que não obtiverem sucesso precisarão ser aprimoradas pelos alunos, que devem ter liberdade para pesquisar a forma de melhorá-las (transitando entre os graus 3 e 4).
- Em nenhum momento o professor deverá fornecer a resposta para o problema proposto; em vez disso, ele reunirá os argumentos dos próprios alunos para que eles cheguem à melhor resposta para a questão.
- Além do problema principal, cada grupo deverá responder a uma pergunta direta relacionada à sua experiência, que tenha relação com o cotidiano do grupo, podendo pesquisar livremente em fontes de sua preferência.

Propomos a composição de grupos de trabalho de 3 a 5 alunos, para que todos possam se envolver nas experiências e na discussão das perguntas no sentido de adquirirem novos conhecimentos que possibilitem responder ao questionamento inicial feito pelo professor.

Carvalho (2018) destaca que a parte crucial para o SEI é entender como os alunos chegaram às conclusões de suas respostas.

Tendo os alunos resolvido o problema experimentalmente, o professor recolhe o material experimental, dissolve os grupos pequenos, formando um grande círculo de tal forma que todos os alunos se vejam. A pergunta fundamental do professor nesta etapa é: Como vocês fizeram para resolver o problema? (Carvalho, 2018, p. 774).

Ao responder esta questão, os alunos tomam consciência do que fizeram, passando da ação manipulativa para a ação intelectual (Piaget, 1977; 1978). É essencial criar oportunidades para que todos os alunos participem e buscar aumentar a interação entre eles.

Espera-se que nesse momento surja o campo dos argumentos de forma espontânea, com os alunos querendo expressar suas novas ideias e discutir, sob a supervisão do professor, os acontecimentos das aulas experimentais da sequência didática. Eles devem compartilhar o que deu certo e por quê, assim como o que deu errado e os motivos pelos quais isso aconteceu. Devem relatar as observações das experiências e, no caso da SEI proposta neste trabalho, se conseguem identificar a existência da energia em diferentes contextos, além do conhecimento prévio que possuíam.

No desenvolvimento de uma SEI, é importante ressaltar que o professor tenha em mente a orientação de Freire (1987, p. 79), de que: "ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo". A percepção de que todos aprendem nesse momento com as discussões é imprescindível. O professor e os alunos,

organizados em grupos, discutem o aprendizado com as experiências, compartilham opiniões e conhecimentos. Não se trata apenas mais de um interlocutor transmitindo conteúdo para um aluno, mas sim de pessoas que pensam, observam uma experiência e discutem o que observam nessa experiência.

Para explorar a questão problematizadora, a SEI foi organizada em torno de três experimentos, cada qual orientado por uma questão complementar:

- Cálculo do valor energético de uma amendoim - Qual a relação do valor energético do amendoim com o aquecimento da água?
- Montagem de um protótipo de usina termelétrica - Como ocorre a transformação de energia em uma usina termelétrica?
- Carrinho à propulsão de bicarbonato com vinagre - Como ocorre a transformação de energia em um carro convencional?

Segundo Carvalho (2018), as perguntas adicionais têm como objetivo suprir a organização do conhecimento em torno da pergunta principal, de modo que os alunos possam indicar onde eles veem isso em nosso dia a dia.. Ao buscar responder essas questões os alunos buscam ampliar os conceitos que estão construindo para o seu cotidiano.x

Durante a implementação da SEI, observou-se que os graus de liberdade ajustados ao nível de autonomia dos alunos favorecem diferentes aspectos do aprendizado. Em grupos com abordagem mais estruturada, os estudantes apresentaram maior precisão nos experimentos e compreensões iniciais sólidas, sendo capazes de interpretar dados com segurança. Já em grupos com maior autonomia, destacou-se a criatividade na elaboração de experimentos e a capacidade de justificar cientificamente suas hipóteses, mesmo diante de resultados inesperados.

2.5. MAPA CONCEITUAL

No final da sequência didática retomamos novamente as ideias de Ausubel para concluir um ciclo de conhecimento e consolidar os novos conceitos que foram adquiridos no decorrer da SEI. Para isso, adotamos a estratégia do mapa conceitual.

Os mapas conceituais foram desenvolvidos por Joseph Novak na década de 1970, com base nas teorias da aprendizagem significativa de David Ausubel. Eles têm como objetivo representar relações entre conceitos de forma hierárquica, promovendo uma compreensão profunda de temas complexos. Em um mapa conceitual, os conceitos são dispostos em nós conectados por linhas ou setas que contêm palavras de ligação, indicando a relação entre os conceitos (Novak & Gowin, 1984).

A estrutura do mapa conceitual é rígida e organizada, começando com um conceito mais geral no topo e progredindo para conceitos mais específicos em níveis inferiores. Essa hierarquia ajuda a identificar conexões entre ideias e a integrar novos conhecimentos aos já existentes, facilitando a aprendizagem significativa.

Os mapas mentais, segundo Buzan (2009), são ferramentas de pensamento desenvolvidas com base na eficiência estrutural dos neurônios, que apresentam interligações e uma estrutura ramificada. Os neurônios são células nervosas responsáveis pela recepção e transmissão das informações no cérebro. Entretanto, essa ferramenta de pensamento foi elaborada para aproveitar todas as habilidades do cérebro, auxiliando-o no armazenamento e na recuperação de informações com maior rapidez e eficiência (Buzan, 2009). Essa abordagem é mais livre e visualmente rica, utilizando cores, imagens e palavras-chave para estimular tanto o pensamento criativo quanto a memória. Os mapas mentais são eficazes em processos que requerem geração de ideias, como planejamento, organização de tarefas ou desenvolvimento de projetos.

Neste trabalho usaremos o mapa conceitual em vez do mapa mental, pois a Sequência de Ensino Investigativo (SEI) está diretamente relacionada aos objetivos pedagógicos dessa abordagem, que busca promover uma aprendizagem significativa e organizada. A partir do mapa conceitual é possível verificar se os alunos mudaram a forma de pensar, ou seja, se houve uma alteração na estrutura cognitiva de seus subsunçores. Essa mudança de percepção é mais uma forma de verificar se o aprendizado foi alcançado (Novak; Gowin, 1984).

Vale ressaltar que a proposta do produto educacional, desenvolvido para fins deste trabalho, é mostrar uma forma diferente de explorar o conceito de energia. Seguindo os preceitos de Freire (1996), ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua construção. Desse modo, deve-se evitar a mera explanação de conceitos. Também é importante perceber que no contexto desta proposta didática o próprio professor também é um aprendiz, construindo junto com os alunos o conhecimento necessário à compreensão dos conceitos explorados.

3 O CONCEITO DE ENERGIA

Para compreendermos os conceitos de energia e como esse tema é tratado nas diversas esferas da educação básica, abordaremos neste capítulo algumas nuances existentes, começando pelas definições mais recorrentes nas abordagens dos ensinos fundamental e médio. Por fim, procuramos justificar o tema abordado na sequência de ensino proposta, utilizando os descritores da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

3.1. O QUE É ENERGIA?

De acordo com Feynman (2008), para compreender o conceito de energia é necessário enunciar o princípio de conservação da mesma. Ele conceitua que tal lei rege todos os fenômenos naturais existentes e que não há exceção a ela. Imagine uma quantidade de eventos ocorrendo em que não é necessário entender os eventos, pois, no fim, a soma de tudo o que é introduzido inicialmente será igual à soma final dos resultados.

Imagine uma festa em que os convidados podem estar dançando, cantando ou comendo e que ninguém possa sair ou entrar na festa. Antes de entrar na festa são 50 convidados que escolherão entre as 2 opções, dançar ou comer. Fato é que não é necessário estar na festa para sabermos que dentro do evento teremos sempre 50 convidados, independentemente das opções que eles seguirem. Assim, durante a festa, cada convidado pode modificar sua ação, mas sempre serão 50 convidados.

Essa analogia explana a ideia de um princípio da conservação e uma forma de entendê-la matematicamente seria:

$$\begin{aligned} (\text{Constante}) &= \text{Número de convidados} \\ \text{dan} &= \text{Número de pessoas dançando} \\ \text{com} &= \text{Número de pessoas comendo} \end{aligned}$$

Assim temos a equação:

$$(\text{dan} + \text{com}) = \text{contante}$$

Ou seja, o número de pessoas na festa é constante e logo se conserva. Assim é a quantidade de energia no universo constante e se conserva.

De acordo com Feynman (2008, p. 4-2):

É importante perceber que, na física atual, não temos conhecimento do que é a energia. Não temos um quadro de que a energia vem em pequenas gotas de magnitude definida. Isto não é assim. Entretanto, existem fórmulas para calcular certas quantidades numéricas e ao somarmos tudo o resultado é sempre o mesmo número.

Essa observação ressalta uma das características fundamentais da física contemporânea: a natureza enigmática da energia. Embora a energia seja um conceito central na física, sua definição exata permanece indefinida. Em vez de entender a energia como uma entidade tangível, reconhecemos suas manifestações através de fórmulas matemáticas e leis de conservação que sempre produzem resultados consistentes. Esse fato sublinha a elegância e a profundidade da física: mesmo sem compreender completamente a essência da energia, somos capazes de prever e calcular suas interações com precisão.

Essa abordagem prática permite avanços tecnológicos e científicos significativos, demonstrando que o poder explicativo da física não reside apenas na compreensão teórica completa, mas também na capacidade de aplicar suas leis de forma confiável. Assim, o importante é podermos manipular a quantidade de energia, mesmo que não possuamos uma compreensão exata de sua natureza no universo.

3.2 COMO A ENERGIA SE MANIFESTA?

Nesta seção, exploraremos as manifestações da energia na natureza, buscando compreender sua conservação e transformação por meio de abordagens matemáticas. Além disso, faremos uma análise matemática das diversas formas de energia presentes no universo. Para começar, vamos equacionar a energia potencial gravitacional e cinética, visando entender posteriormente como a energia total de um sistema se conserva e se transforma de acordo com as formulações matemáticas.

3.2.1. Energia Potencial Gravitacional

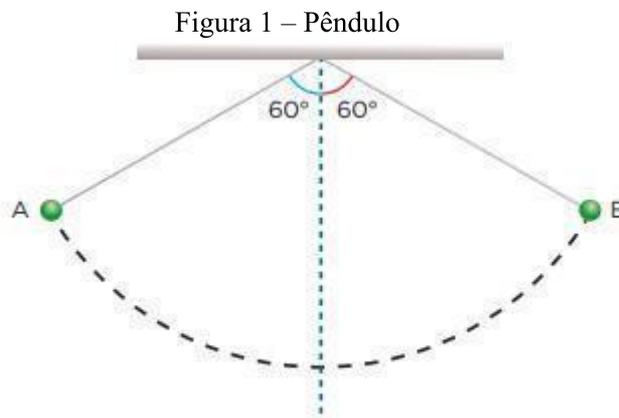
Para entender a conservação de energia é necessário formular os diversos tipos de energia. Uma dessas formas é a Energia Potencial Gravitacional. Ela pode ser definida como sendo uma grandeza escalar, medida em joules, que mensura a quantidade de energia atribuída a um corpo de certa massa que se encontra a uma determinada altura em relação ao solo. Essa energia, conforme mostrado na equação 1, depende exclusivamente do Peso do corpo (produto da massa pela aceleração da gravidade local) e de sua altura em relação a um ponto de referência (geralmente o solo).

$$E_{pg} = P \times H \quad (1)$$

Usando a analogia inicial, imagine que todos os convidados estão sobre um palco a dois metros do chão enquanto dançam. Isso significa que durante a dança, cada convidado tem sua Energia Potencial Gravitacional conservada, já que nem o peso e nem a altura mudam.

3.2.2. Energia Cinética

A energia cinética é a energia associada à velocidade, ou seja, ao movimento. Para ilustrar vamos considerar um pêndulo. Ao puxar o pêndulo para o lado e o soltarmos, ele irá oscilar de um lado para o outro (Figura X).



Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/41763925>

Nesse movimento, ele reduzirá sua altura ao ir de qualquer extremidade ao centro. A energia gravitacional acaba quando está em baixo; entretanto, ela aumentará novamente. Isso significa que durante o movimento a energia potencial gravitacional deve ter se transformado em outra forma de energia. Evidentemente, é em virtude de seu movimento que ele consegue subir novamente, assim temos a conversão de energia gravitacional em alguma outra forma relacionada ao movimento (Feynman, 2008).

Devemos ter uma fórmula para a energia do movimento. Podemos ver facilmente que no movimento, quando o pêndulo alcança a parte mais baixa, deve existir uma quantidade de energia que a permita subir até a outra extremidade e que isso não tem relação com o mecanismo ou o caminho pelo qual ele sobe. Desta forma, temos uma fórmula de equivalência parecida com a que escrevemos para os convidados da festa e temos que encontrar outra forma de representar essa energia. A energia de movimento na parte inferior deve ser igual ao peso vezes a altura que o pêndulo pode atingir, correspondendo à sua

velocidade conforme a equação 2. Denominando a energia de movimento como energia cinética (EC), temos:

$$EC = PH \quad (2)$$

Precisamos de uma fórmula (equação 3) que nos informe a altura atingida por um objeto em função da velocidade em que ele é arremessado para cima. Para um movimento vertical, a altura máxima é atingida quando a velocidade final for igual a zero. Assim, recorrendo à cinemática, temos que:

$$H = v^2/2g \quad (3)$$

Logo, podemos escrever a energia cinética, utilizando a equação 4, como :

$$Ec = P x (v^2/2g) \quad (4)$$

Considerando que o peso definido como o produto da massa (m) pela aceleração da gravidade (g), temos a equação 5:

$$Ec = m x (v^2/2) \quad (5)$$

De uma forma análoga, existem várias outras formas de energia. Imagine, por exemplo, que para os convidados da festa dançarem é necessário que eles possuam energia e que essa energia venha dos alimentos que eles ingerem. Assim, todas as vezes que estivessem alimentados eles passariam a dançar e quando estivessem cansados comeriam. Dessa forma, de uma forma muito simplificada, a energia química do alimento se transformaria em energia cinética na dança.

3.2.3. Energia Total

Agora que entendemos como funciona uma transformação de Energia vamos equacionar a Energia total de um sistema.

Consideramos as seguintes formas de energia total e por unidade de massa:

- Energia interna \hat{u} devida ao estado termodinâmico da partícula (propriedade termodinâmica, $\hat{u} = \hat{u}(p, T)$).
- Energia cinética $\frac{1}{2}v^2$.
- Energia potencial gravitacional $U = g z$.

Temos a energia total do sistema, pela equação 6, como sendo:

$$\hat{e} = \hat{u} + \frac{1}{2}v^2 + g z. \quad (6)$$

A soma dessas energias representa a **energia total** de um fluido por unidade de massa em um sistema. Essa fórmula é fundamental na aplicação da **primeira lei da termodinâmica** e do **princípio de Bernoulli**, que descreve a conservação de energia em um fluido em movimento.

Outras formas de energia podem ser consideradas se elas variam no processo (por exemplo, reações químicas). A energia total E resulta:

$$E = \int_{CV} \rho \hat{e} dV \quad (7)$$

E : Energia associada ao trabalho realizado pelo fluido em um processo.

p : Pressão do fluido, que pode variar com o volume.

V : Volume do fluido.

A integral $\int p dV$ calcula o trabalho associado à mudança de volume sob a ação da pressão. Essa fórmula é útil para descrever o trabalho termodinâmico em sistemas onde o volume e a pressão estão relacionados, como em compressão ou expansão de gases.

3.3 LEI DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Conforme entendemos como funciona a analogia da conservação de energia percebemos pela equação 6, que a derivada material da energia total “ \hat{e} ” de um sistema de partículas é igual à soma da potência das forças exteriores W_{ext} e a potência calórica absorvida pelo sistema Q :

$$\frac{DE}{Dt} = W_{ext} + \dot{Q} \quad (8)$$

A equação 8 é fundamental na termodinâmica e representa o primeiro princípio da termodinâmica em termos de taxa de variação de energia (DE) de um sistema por intervalo de tempo (Dt). Nessa equação W é a potência ou taxa de trabalho realizado por forças externas sobre o sistema enquanto que Q é a taxa de transferência de calor para o sistema.

A variação da energia total de um sistema é igual à soma do trabalho externo e do calor transferido.

Dessa forma o sistema pode ganhar ou perder energia por:

1. Transferência de calor.
2. Realização de trabalho por forças externas.

Por conceituação utilizaremos que $F \equiv E$ (uma força relacionada à energia total) e $f \equiv \rho \hat{e}$ (uma densidade volumétrica de força relacionada à densidade de energia específica). Assim, resultam:

$$W_{ext} + \dot{Q} = \int_{CV} \frac{\partial}{\partial t} (\rho \hat{e}) dV + \int_{CS} \rho \hat{e} (\mathbf{V} \cdot \check{\mathbf{n}}) dA$$

$$W_{ext} + \dot{Q} = \frac{d}{dt} \int_{CV} \rho \hat{e} dV + \int_{CS} \rho \hat{e} (\mathbf{V}_r \cdot \check{\mathbf{n}}) dA \quad (CV \text{ deformável})$$
(9)

F≡E:

Isso sugere que estamos analisando a **energia total** do sistema, que pode ser expressa em termos da força atuando no sistema ou da variação total da energia dentro de um domínio específico.

f=ρê:

- Aqui, ρ é a **densidade de massa** (kg/m³).
- \hat{e} é a **energia específica** (energia por unidade de massa, como J/kg)
- f é então a **densidade volumétrica de energia** (energia por unidade de volume, J/m³)

A única forma de se definir a Energia no Universo é através de sua conservação e esse fato, faz com que a equação desenvolvida possa quantificar essa grandeza tão difícil de se calcular. Seu valor exato é arbitrário e depende de uma referência em um sistema e isso faz com que a real equação da energia ocorra quando a conservamos em um sistema fechado.

3.4 ABORDAGEM DO TEMA ENERGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A abordagem do tema energia na educação básica é crucial para estabelecer uma compreensão fundamental sobre os princípios físicos que regem o mundo ao nosso redor. Nessa seção, veremos que no ensino fundamental, o foco é introduzir os conceitos básicos de energia de maneira acessível e prática, utilizando exemplos do cotidiano que ajudam os alunos a reconhecer as diferentes formas de energia e suas transformações. Logo após, veremos que à medida que os alunos progredem para o ensino médio, a abordagem se torna mais complexa e detalhada, abrangendo tópicos como a conservação de energia, energia cinética e potencial, e as implicações ambientais e tecnológicas do uso e transformação de energia.

3.4.1 O Conceito de Energia no Ensino Fundamental

No Ensino Fundamental II (do 6º ao 9º ano), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apresenta duas habilidades direcionadas mais diretamente às transformações de energia, são elas: “identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades” (EF08CI01); e “classificar equipamentos elétricos residenciais (chuveiro, ferro, lâmpadas, TV, rádio, geladeira etc.) de acordo com o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para a térmica, luminosa, sonora e mecânica, por exemplo)” (EF08CI03).

Observando as habilidades destacadas da BNCC, percebemos que o conteúdo de energia no ensino fundamental se concentra em suas transformações no cotidiano, com um olhar voltado para o meio ambiente e seu uso doméstico da energia. Com isso, entendemos que a abordagem temática do conceito de energia deve visar o desenvolvimento da capacidade de entender os diferentes usos da energia, envolvendo a compreensão da origem, utilização e exploração dos recursos naturais e energéticos.

O Ensino Fundamental é o momento dedicado à formação dos primeiros entendimentos acerca dos materiais, compreendendo seus usos, propriedades e como interagem com luz, som, calor, eletricidade, umidade, e outros conceitos relacionados. Também é fundamental educar crianças e jovens para que compreendam a significância da água na geração de energia elétrica e na manutenção do equilíbrio nos ecossistemas. É importante que os estudantes desenvolvam a capacidade de discutir e sugerir abordagens sustentáveis para utilizar esse recurso e entendam o que é uma matriz energética sustentável e o que é uma fonte de energia renovável, colaborando na criação de uma conscientização ambiental.

Quando os estudantes chegam à segunda parte do Ensino Fundamental (do quinto ao nono ano), já estão mais familiarizados com as questões ambientais. A expectativa é de que eles adquiram conhecimentos sobre o sistema produtivo relacionado à exploração dos fenômenos ligados à energia e compreendam seus efeitos na qualidade ambiental. É importante que todos possam, por exemplo, analisar as vantagens e desvantagens da produção de energia elétrica, considerando os benefícios e os problemas de cada tipo de usina geradora de eletricidade. Essas reflexões devem orientar a adoção de hábitos mais sustentáveis no uso de recursos naturais e nas práticas científico-tecnológicas, organizando a necessidade de economizar energia no dia a dia.

É desejável que os jovens possam sugerir iniciativas coletivas visando uma utilização mais eficiente da energia tanto na escola quanto na comunidade. Outro ponto importante é que, nessa fase, os jovens devem perceber que as mudanças de energia nem sempre geram ou advêm da energia elétrica. Eles devem ter contato com outras formas de energia e suas transformações, como um motor a combustão ou um moinho de água. Dessa forma, espera-se que ocorra uma mudança na percepção da conservação da energia, como, por exemplo, incorporar as transformações de energia na cadeia alimentar, explorando os conhecimentos do campo da química e da biologia.

Diversos autores, como Sevilla Segura (1986), Pérez-Landazábal et al. (1995) e Solbes & Tarín (1998), apontam o conceito de energia como um elemento conectivo essencial entre as diversas áreas das ciências da natureza. Seguindo a perspectiva de Angotti (1991), é perceptível que esse conceito é um elemento unificador, capaz de orientar e integrar distintos conteúdos das ciências, expandindo seu alcance para além da própria física. Auth & Angotti (2005, p. 204) destacam que a natureza unificadora desse conceito facilita o estabelecimento de "relações com temas de outras áreas, em nível interdisciplinar", permitindo a articulação de "tópicos de uma área interdisciplinar". Isso, por sua vez, propicia a minimização da fragmentação do conhecimento científico escolar (Jacques, 2008).

O fato de possibilitar uma conexão interdisciplinar no contexto das ciências naturais, torna evidente que o conteúdo de energia é essencial no que tange à transição que ocorre entre o ensino fundamental e o ensino médio. Quando o que antes era a disciplina de ciências se torna as disciplinas de biologia, física e química. Neste trabalho, consideramos que o entendimento das formas e transformações de energia pode facilitar essa transição, ajudando o aluno a entender que essas três “novas” disciplinas nada mais são do que uma reestruturação das ciências naturais em campos específicos de saberes..

3.4.2 O Conceito de Energia no Ensino Médio

No ensino médio o tema da energia e sua conservação ganham destaque na habilidade EM13CNT101 da BNCC: “analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos relacionados aos recursos naturais e à preservação da vida em todas as suas formas”.

Essa habilidade indica de forma direta as possibilidades de abordagens do tema energia durante o ensino médio, com centralidade para situações cotidianas que envolvem processos relacionados à preservação da vida e do meio ambiente. A forma tradicional como a energia se apresenta nos livros didáticos de física pouco contribui para o desenvolvimento de uma visão mais ampla desse conceito. Por exemplo, temos:

Energia Mecânica: Os alunos aprendem a relacionar movimento com quantidade de energia (energia cinética), relacionando a conservação da energia com a possibilidade de realização de um trabalho.

Energia Térmica: Organizada na forma de transmissão por calor nos estudos de calorimetria e também termodinâmica, este último relaciona a conservação da energia com a possibilidade de ser transformada em energia mecânica ou trabalho. Também é nesse tema que os alunos percebem que a conservação das massas faz com que o corpo mude sua fase ou mesmo o seu volume enquanto modifica a quantidade de energia térmica envolvida.

Energia Elétrica: Normalmente abordada na fase final do ensino médio (3º ano), a energia é associada ao movimento de cargas elétricas e aos estudos do eletromagnetismo.

Geralmente esses conceitos são quantificados em termos de grandezas físicas, envolvendo cálculos, símbolos e fórmulas para serem decorados e repetidos em provas, testes e exames. Essa matematização da conservação da energia é até prevista na habilidade (EM13CNT307), porém, a ênfase deve estar em sua aplicação no cotidiano e na proposição de soluções sustentáveis, ou seja, as transformações devem ser entendidas em um contexto social mais abrangente.

O tema energia também é abordado nas disciplinas de química e de biologia. No campo da biologia, de forma resumida, a energia é entendida como algo essencial para todas as atividades celulares e processos metabólicos. Os organismos vivos obtêm energia dos alimentos e a utilizam para realizar funções vitais, como crescimento, reprodução, locomoção e manutenção da homeostase (Curtis, 1997). Já na química, a energia está intimamente relacionada com as mudanças que ocorrem nas substâncias durante as reações químicas, como nas reações químicas, entalpia e ligações químicas (Tito e Canto, 2003).

No contexto das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, previsto para o novo ensino médio, entendemos que a interdisciplinaridade do tema energia se apresenta como uma possibilidade de integrar os conhecimentos da física, da química e da biologia como forma de uma melhor compreensão do papel conhecimento científico do dia a dia das pessoas.

3.5 COMO FOI ABORDADO O TEMA NA APLICAÇÃO DO PRODUTO

A abordagem tradicional do conceito de energia tem como objetivo compreender os diferentes tipos de energia e como elas são transformadas. A ideia do produto desenvolvido para fins deste trabalho foi abordar esses objetivos iniciais numa perspectiva investigativa, que pudesse destacar a importância da conservação de energia na sua relação com a sustentabilidade.

Nas aulas tradicionais, geralmente, o professor conecta a ideia de transformação de energia em trabalho e como os diferentes tipos de energia se transformam em energia elétrica. Nesse contexto, o professor torna-se o agente do conhecimento, transmitindo os conceitos de maneira explicativa, baseando-se no que está descrito nos livros didáticos.

No produto educacional desenvolvido no âmbito deste trabalho, procura-se abordar o tema energia na perspectiva de enfrentamento de uma situação-problema, utilizando hipóteses e estimativas com o uso de modelos explicativos para que os alunos pudessem justificar suas conclusões. Percebemos isso na competência da BNCC, que nos traz a ideia de:

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (Brasil, 2018, p. 545)

A metodologia utilizada foi a de ensino por investigação, usando a ideia de obter soluções sustentáveis tanto na aplicação - utilizando materiais reciclados nas experiências - quanto na busca pela solução da situação-problema, ainda mantendo a ideia de experiências aplicáveis ao dia a dia.

De acordo com a BNCC, ao propor situações sustentáveis, devemos:

Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis (Brasil, 2018, p. 545).

Nessa forma de abordagem partimos da seguinte situação-problema: "Se a energia não pode ser criada e nem destruída, por que devemos economizá-la?". A situação-problema segue os objetivos e descritores para o tema, induzindo a formulação de hipóteses variadas e despertando a curiosidade sobre sustentabilidade e a necessidade de preservação do meio ambiente.

Para fomentar a discussão, os alunos deveriam realizar três experiências, que serão descritas no próximo capítulo, com a intenção de defender suas ideias, em vez de receberem conclusões prontas do professor. Diferentemente do método tradicional, essa forma de

abordagem busca atribuir aos alunos o papel de protagonista, enquanto o professor atua apenas como mediador do conhecimento, orientando as ações sem impor conceitos.

A ideia é de que ao final os alunos construam seus próprios conceitos sobre a importância de se economizar energia, correlacionando intuitivamente com as transformações de energia aplicadas a situações do cotidiano. Eles não decoraram os conceitos, mas argumentaram com propriedade e convicção, baseando-se na sequência proposta.

4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO

Neste capítulo, detalharemos a organização da Sequência de Ensino por Investigação (SEI), explicando suas etapas e os fundamentos teóricos que a sustentam. A SEI foi desenvolvida com base em metodologias investigativas que promovem a aprendizagem ativa e a construção de conhecimento significativo pelos alunos. A seguir, descreveremos cada etapa da SEI, com referências a autores que fundamentam essa abordagem pedagógica.

4.1. LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A primeira etapa da SEI consiste em identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. Segundo Ausubel (1968), a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações são relacionadas aos conhecimentos preexistentes do indivíduo. Para isso, iniciamos com uma discussão aberta e a formulação de perguntas que permitam aos alunos expressarem suas ideias iniciais sobre energia.

Durante essa etapa, é fundamental criar um ambiente acolhedor onde os alunos se sintam confortáveis para compartilhar suas percepções. Utilizamos ferramentas como mapas conceituais e questionários diagnósticos para coletar essas informações. A análise dos conhecimentos prévios permite ao professor ajustar a sequência de ensino, garantindo que novos conceitos se conectem às estruturas cognitivas já existentes dos alunos.

4.2 FORMULAÇÃO DE QUESTÕES-PROBLEMA

Com base nos conhecimentos prévios, formulamos questões-problema que direcionam a investigação. Estas questões devem ser desafiadoras e promover a curiosidade dos alunos. De acordo com Carvalho (2018), a formulação de problemas é essencial para criar um ambiente investigativo, onde os alunos se sintam motivados a buscar respostas e soluções.

Conforme discutido por Carvalho (2018), um problema eficaz é aquele que oferece aos alunos a oportunidade de resolver e entender o fenômeno envolvido, ao mesmo tempo em que facilita a formulação de hipóteses, levando-os a identificar as variáveis relevantes. Além disso, esse tipo de problema deve conectar o aprendizado dos alunos com o mundo em que vivem e permitir que os conhecimentos adquiridos sejam aplicados em outras disciplinas.

Quando o conteúdo do problema está relacionado aos conceitos espontâneos dos alunos, como observado por Driver, Guesne e Tiberghien (1985), esses conceitos devem surgir como hipóteses durante o processo de aprendizagem. Em aulas experimentais, um bom problema é aquele que possibilita a transição das ações manipulativas para ações intelectuais, como a elaboração e o teste de hipóteses, o raciocínio proporcional, e a construção da

linguagem científica. Além disso, ele deve promover a construção de explicações causais e legais, envolvendo conceitos e leis científicas.

4.3 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE EXPERIMENTOS

Os alunos são divididos em grupos e recebem roteiros de experimentos relacionados ao tema. Eles são incentivados a modificar os roteiros e testar diferentes hipóteses, promovendo a autonomia e o pensamento crítico. Como destacam Gómez e Adúriz-Bravo (2007), envolver os alunos em atividades práticas e experimentais é fundamental para o desenvolvimento de habilidades científicas.

Cada grupo é responsável por planejar e executar um experimento específico. O planejamento envolve a definição de objetivos, a escolha de materiais e a elaboração de um procedimento detalhado. Durante a execução, os alunos coletam dados de forma sistemática, registrando todas as observações. O professor atua como facilitador, fornecendo orientação e suporte conforme necessário, mas incentivando a independência dos alunos.

Nessa fase, os graus de liberdade da SEI (Sistema de Ensino por Investigação) desempenham um papel crucial. Podemos optar por conceder aos alunos maior autonomia, permitindo que eles próprios criem e desenvolvam seus experimentos, o que fomenta a criatividade e o pensamento crítico. Alternativamente, podemos escolher roteirizar cada etapa do experimento, estruturando cuidadosamente o processo para garantir maior controle sobre os resultados finais, o que é particularmente útil em contextos onde a precisão dos dados e a replicabilidade são prioritárias.

A decisão sobre qual grau de liberdade adotar depende profundamente da maturidade dos alunos e da familiaridade deles com o método da SEI. Para alunos mais experientes ou habituados ao processo investigativo, uma abordagem mais aberta, com maior liberdade, pode ser mais benéfica, incentivando a autonomia e o aprofundamento na investigação científica. Em contrapartida, para alunos menos experientes ou que estão iniciando nesse método, uma orientação mais rígida e estruturada pode ser necessária para guiá-los e assegurar que os objetivos educacionais sejam alcançados de forma eficaz.

Essa escolha de abordagem é, portanto, um equilíbrio delicado entre oferecer suporte e promover independência, sempre considerando o nível de preparo dos alunos para que o ensino por investigação seja o mais eficaz e enriquecedor possível. Conforme discutido por Schwab (1978), a liberdade dentro da estrutura é essencial para garantir que os alunos possam explorar ativamente, ao mesmo tempo em que se mantêm dentro de um quadro que guia e orienta o aprendizado.

4.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Durante a execução dos experimentos, os alunos coletam dados e registram suas observações. Esta etapa é crucial para o desenvolvimento de habilidades analíticas e de interpretação. Segundo Solino (2015), a análise de dados permite aos alunos confrontar suas hipóteses com os resultados obtidos, promovendo uma compreensão mais profunda dos fenômenos estudados.

Os dados coletados são organizados em tabelas, gráficos ou relatórios para facilitar a análise. Os alunos discutem os resultados em grupo, identificando padrões e discrepâncias. Eles também aprendem a utilizar ferramentas estatísticas e científicas básicas para interpretar os dados de maneira mais robusta. Essa análise crítica é essencial para desenvolver uma compreensão sólida dos conceitos científicos.

4.5 DISCUSSÃO E SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a coleta de dados, os alunos discutem os resultados em grupo e sistematizam suas conclusões, uma etapa crucial para consolidar o conhecimento construído durante o processo investigativo. Carvalho (2018) ressalta a importância das atividades colaborativas no desenvolvimento de habilidades de argumentação e comunicação científica.

Durante a discussão, os alunos são incentivados a compartilhar suas descobertas com a turma. Os grupos são dissolvidos e forma-se um grande círculo, onde os alunos explicam os métodos utilizados e as conclusões alcançadas. O professor facilita a discussão, auxiliando na conexão dos resultados experimentais com os conceitos teóricos. A sistematização inclui a elaboração de relatórios e apresentações, que permitem aos alunos organizar e comunicar suas descobertas de forma clara e coerente.

Neste ponto, é interessante observar as mudanças na forma como os alunos respondem à questão-problema e suas reações ao perceberem que atingiram um objetivo comum. Na discussão, qualquer novo argumento é relevante, e a percepção do conhecimento científico deve ser valorizada dentro do contexto.

4.6 APLICAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DO CONHECIMENTO

Finalmente, os alunos são incentivados a aplicar o conhecimento adquirido em novos contextos e problemas, com o objetivo de promover a transferência do conhecimento e a aplicação prática dos conceitos estudados. Ausubel (1968) ressalta que a aprendizagem significativa envolve a capacidade de utilizar o conhecimento em diversas situações, demonstrando a internalização dos conceitos.

Uma forma eficaz de realizar essa etapa é através da criação de um novo mapa conceitual, elaborado com total autonomia pelos alunos. Isso permite que eles mostrem como os novos conhecimentos se conectaram aos anteriores. Comparar este novo mapa com o levantamento inicial de conhecimentos prévios também é interessante, pois permite que os alunos percebam as mudanças em sua estrutura cognitiva (Moreira, 2011).

Além disso, os alunos são desafiados a resolver problemas inéditos que exigem a aplicação dos conceitos aprendidos. Atividades como projetos de investigação, estudos de caso e simulações são utilizadas para proporcionar contextos autênticos de aplicação. O objetivo é que os alunos reconheçam a relevância do conhecimento científico em suas vidas cotidianas e desenvolvam habilidades de resolução de problemas que vão além da sala de aula.

4.7 QUADRO RESUMO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Para concluirmos os estudos sobre a Sequência de Ensino por Investigação (SEI), apresentamos um quadro resumo que sintetiza os principais aspectos abordados na seção 4 desta dissertação. A SEI, estruturada em etapas como levantamento de conhecimentos prévios, formulação de questões-problema, planejamento e execução de experimentos, análise de dados e sistematização dos resultados, busca promover a aprendizagem significativa, conforme os princípios de Ausubel (1968). Cada etapa é organizada para integrar teoria e prática, incentivando o protagonismo dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades investigativas e críticas. Assim, a sequência demonstra ser uma abordagem pedagógica eficaz para tornar o ensino de ciências mais dinâmico e conectado à realidade dos alunos.

Quadro 2 - Organização da SEI.

Etapa da SEI	Atividades
Formulação de Questões-Problema	Questão problema
	Discussão sobre a relevância da questão e conexão com a vida cotidiana.
Levantamento de Conhecimentos Prévios	Discussão aberta sobre o tema.
	Utilizar uma pergunta para identificar ideias iniciais dos alunos.
	Escrever as respostas no quadro.
Planejamento e Execução de Experimentos	Divisão dos alunos em grupos.

	Planejamento dos experimentos: definição de objetivos, escolha de materiais e elaboração de procedimentos baseados nos roteiros.
	Coleta e registro de dados experimentais. Apresentação dos trabalhos para o restante da turma.
Coleta e Análise de Dados	Organização dos dados em relatórios e responder a perguntas pertinentes sobre os experimentos fazendo pesquisas.
Discussão e Sistematização dos Resultados	Discussão dos resultados em grupo e formando um círculo com toda a turma.
	Reflexão sobre a questão-problema inicial e consolidação do conhecimento.
Aplicação e Transferência do Conhecimento	Criação do mapa conceitual.
	Conexão dos antigos conhecimentos aos novos.
	Discussão sobre a relevância dos conceitos em situações cotidianas.
	Reflexão sobre a nova forma de aprender Ciências.

Fonte: autoria própria

5 RELATO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O relato da prática pedagógica e a análise dos resultados são fundamentais para entender a eficácia das metodologias de ensino aplicadas. Este capítulo se dedica a descrever detalhadamente as estratégias e abordagens pedagógicas utilizadas, fornecendo um panorama completo das atividades desenvolvidas e da dinâmica de sala de aula. Além disso, será realizada uma análise minuciosa dos resultados obtidos, para avaliar o impacto das práticas educativas sobre o aprendizado dos alunos. A partir dessa análise, será possível identificar os pontos fortes e as áreas que necessitam de aprimoramento, contribuindo para a melhoria contínua do processo educacional e para a promoção de uma aprendizagem mais eficaz e significativa.

5.1 RELATO DA APLICAÇÃO

O produto foi aplicado entre os dias 5 de abril e 3 de maio de 2023, em uma turma de 9º ano do Ensino Fundamental de um colégio particular localizado na cidade de Juiz de Fora, MG. O Colégio Adventista de Juiz de Fora (CAJF), situado na zona urbana, é reconhecido por oferecer uma base educacional sólida e voltada para o desenvolvimento integral dos alunos, com princípios que unem excelência acadêmica e valores humanísticos. A turma, composta por 27 estudantes matriculados, vivenciava pela primeira vez o estudo de Física como disciplina separada do restante do conteúdo de Ciências, marcando um momento importante de transição no aprendizado.

5.1.1 Levantamento dos Conhecimentos Prévios

No primeiro dia da aplicação do produto (05/04), haviam 26 alunos presentes. A turma foi informada que durante as próximas quatro semanas (o equivalente a oito aulas) iríamos trabalhar com o tema Energia. Depois desse informe, seguindo a proposta da sequência de ensino investigativo (SEI), escrevi no quadro duas frases: a primeira com o Princípio de Lavoisier, referente à conservação da matéria: "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma", e a segunda, relativa ao princípio de conservação da energia: "Energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada".

Essas frases serviram de base para a seguinte questão: se ambas as afirmações estão corretas, então "por que devemos economizar energia?". Foi solicitado que os estudantes registrassem a resposta em uma folha para ser entregue. Quase de forma unânime, eles responderam que a economia de energia é necessária "porque a energia tem alto custo e

porque ela impacta de forma negativa a natureza e o ser humano". Percebi que os alunos ficaram desconcertados com o questionamento. Pelo fato de as duas frases induzirem a ideia de "conservação", percebeu-se que eles procuraram responder a questão levando em conta os aspectos ambiental, econômico e de bem-estar do ser humano.

No segundo horário do mesmo dia, foi anotada outra pergunta: "O que é Energia?". A partir dessa questão, os conhecimentos prévios dos alunos foram coletados. Para isso, a abordagem adotada foi perguntar aluno por aluno, de forma direta e objetiva, o que cada um entendia por energia, pedindo para que respondessem em uma palavra ou em uma frase. Todas as respostas diferentes foram anotadas no quadro, uma debaixo da outra, criando um espaço visual onde foi possível perceber a diversidade de percepções e concepções sobre o conceito de energia. Esse levantamento das respostas possibilitou ao professor uma visão mais clara das ideias iniciais dos alunos, fornecendo a base necessária para orientar as discussões e a construção de novos conhecimentos ao longo das aulas.

De forma geral, eles viam a energia na eletricidade e nas usinas e tinham a percepção de que ela era transformada em eletricidade em usinas e geradores. Procurou-se não responder os questionamentos, deixando-os refletirem sobre o tema. A eles foi informado que nas próximas aulas fariam algumas experiências que ajudariam a elaborar uma melhor compreensão sobre o tema.

5.1.2 A Realização dos Experimentos

Na segunda semana de aulas (12/04/23), foram introduzidas três experiências práticas como parte do processo de aprendizagem: energia do amendoim, usina termelétrica, e carrinho movido a vinagre e bicarbonato de sódio. Para realizá-las, os estudantes foram organizados em seis grupos, de forma que cada experiência fosse executada por dois grupos. A divisão considerou a complexidade e a quantidade de participantes por atividade: grupos de três alunos para a queima do amendoim, quatro para a usina termelétrica e cinco para o carrinho, totalizando 24 estudantes.

As experiências escolhidas foram selecionadas por serem de fácil construção, utilizando materiais do dia a dia, e por abordarem situações que fazem sentido para a vida cotidiana. Essas escolhas visaram conectar os conceitos científicos a temas relevantes, como geração de energia elétrica, movimento mecânico e alimentação, promovendo uma aprendizagem significativa.

As atividades seguiram um roteiro aberto (Apêndice A) e os materiais foram disponibilizados pelo professor. No entanto, alguns desafios foram encontrados,

especialmente na montagem de partes mais técnicas e potencialmente perigosas, como furar tampinhas de garrafa com um prego quente, momento em que o professor prestou suporte direto. Apesar do empenho dos alunos, os experimentos não foram finalizados no dia, sendo necessário ajustar as atividades para continuidade.

Os alunos participaram de forma ativa e engajada nas atividades, demonstrando grande envolvimento durante a montagem dos experimentos. Cortaram, colaram e ajustaram os itens com bastante dedicação. Além disso, o trabalho em grupo favoreceu uma organização eficiente, pois os alunos debatiam e discutiam coletivamente a melhor forma de montar os experimentos, o que contribuiu para a troca de ideias e soluções criativas.

Duas semanas depois, com a mudança das aulas para sexta-feira, os trabalhos foram retomados em 28/04/24. Nessa aula, os grupos concluíram os ajustes finais e realizaram apresentações das experiências para a turma. Estudantes que haviam faltado na semana anterior foram integrados aos grupos menores, assegurando que todos participassem ativamente. Durante as apresentações, os alunos explicaram os procedimentos e discutiram os resultados obtidos, promovendo a integração dos conceitos científicos trabalhados nos experimentos.

Figura 2 – Os experimentos executados.



Fonte: Autoria própria.

As três experiências práticas apresentaram diferentes dinâmicas e resultados, mas todas contribuíram significativamente para o aprendizado dos alunos. Na experiência do amendoim, os grupos seguiram rigorosamente as orientações do roteiro, obtendo resultados muito próximos do esperado. A execução precisa permitiu que os estudantes compreendessem os conceitos envolvidos na transformação de energia química em energia térmica de maneira clara e objetiva.

Na experiência da usina termelétrica, ambos os grupos realizaram modificações criativas em seus protótipos, demonstrando autonomia e capacidade de adaptação. Um dos grupos reforçou a estrutura do dispositivo e utilizou uma ventoinha mais leve, confeccionada

apenas com lata, o que otimizou o desempenho. O outro grupo ajustou a posição do furo da lata e a localização da ventoinha, direcionando o vapor de maneira mais eficiente. Essas alterações não apenas melhoraram os resultados, mas também incentivaram a reflexão sobre os aspectos práticos de funcionamento de uma usina termelétrica.

Já na experiência do carrinho movido a vinagre e bicarbonato de sódio, os alunos fizeram a demonstração do experimento em uma rua tranquila próxima ao colégio. Apesar de dificuldades iniciais devido ao desalinhamento do eixo, que dificultou o movimento a partir do repouso, o carrinho conseguiu se mover, permitindo que os estudantes observassem o processo em ação. Essa vivência prática foi fundamental para reforçar a compreensão sobre reações químicas e energia mecânica.

Após as apresentações, foi solicitado aos alunos que, em casa, fizessem um relatório do que viram nas experiências e que procurassem responder as perguntas a seguir:

1. Qual a relação do valor energético do amendoim com o aquecimento da água?
2. Como é possível ver a transformação de energia em uma usina termelétrica?
3. Como é a transformação de energia em um carro convencional?

5.1.3 Explorando Novos Conhecimentos

A última etapa da aplicação ocorreu no dia 05/05/23. Organizando em um círculo começou-se a discutir as três perguntas, apresentadas na seção anterior, e os relatórios das experiências realizadas pelos estudantes. Na discussão, notou-se que já havia uma mudança de percepção da ideia de energia apresentada nas primeiras aulas. Foi solicitado que respondessem novamente a pergunta inicial para que eu pudesse comparar essas percepções. Nesse momento percebeu-se uma mudança significativa no pensamento sobre economia de energia.

O auge da discussão foi quando uma aluna disse que “devemos economizar energia, pois ela pode se transformar em algo não aproveitável”. Essa colocação serviu de estímulo para que os estudantes pudessem perceber em quantos tipos diferentes a energia poderia se transformar.

Por fim, foi traçado junto com os estudantes um mapa conceitual que pudesse nos ajudar a responder o que é energia. No centro do mapa, foi escrita a palavra "Energia", e, à medida que os alunos compartilhavam suas ideias, o professor foi anotando e conectando as respostas ao redor desse conceito central. Inicialmente, do lado direito, onde eles viam o conceito de energia de forma mais limitada, estavam associadas palavras como "Usinas" e "Eletricidade". A seguir, o professor perguntou individualmente a cada aluno o que eles

entendiam por energia e onde a percebiam no seu cotidiano. As respostas foram sendo conectadas no mapa conceitual, expandindo a visão dos alunos sobre o tema.

Qualitativamente, observou-se que, ao longo dessa atividade, os alunos conseguiram perceber a presença da energia em diversas outras situações do cotidiano, além da energia elétrica e das usinas e geradores. Eles passaram a desenvolver percepções sobre energia mecânica e química dos alimentos e combustíveis, além de reconhecerem que o aquecimento da matéria gera um tipo de energia. Dessa forma, houve um avanço significativo nas suas concepções, ampliando sua compreensão sobre o tema de maneira mais profunda e abrangente.

Para as questões quantitativas, utilizou-se um quiz no Kahoot e o resultado também foi satisfatório. Os estudantes atingiram uma média de 85% de acerto em 16 perguntas sobre o tema abordado. Esse resultado pode ser considerado um indicativo de que os alunos aprenderam mais sobre o conteúdo durante as aulas. Eles gostaram de participar do quiz e competir com os demais grupos. Nesta atividade, tivemos a participação de 12 grupos, sendo 10 duplas e 2 trios, apenas um aluno faltou. Dos 12 grupos, 3 acertaram todas as perguntas.

5.2 ANÁLISE DA APLICAÇÃO

Nesta seção apresentamos a análise de cada uma das etapas da sequência de ensino investigativo.

5.2.1 A questão problema (1ª aula do 1º encontro - 05/04)

Encaramos a ideia de investigação como o conjunto de processos pelos quais novos conhecimentos são elaborados, apoiando-se em resultados teóricos, dados empíricos, análises e confronto de perspectivas, ou seja, em resolver perguntas-problemas (Solino, 2015).

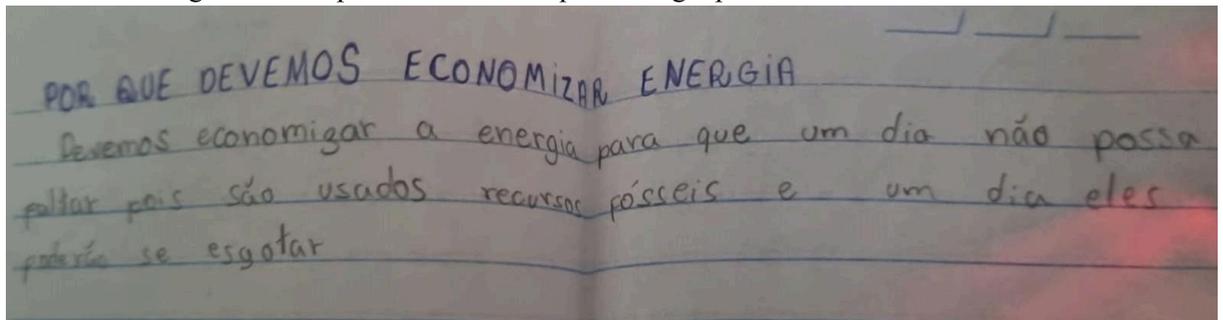
Segundo Carvalho (2018), a importância do problema se destaca em atividades experimentais introdutórias de conceitos ou na organização de dados que levarão à formulação de leis, ao procurar conexões entre conceitos já assimilados. Isso introduz uma nova proposta teórica e diversas outras estruturas científicas que desempenham um papel fundamental na aprendizagem das ciências. Desse modo, o primeiro encontro foi norteado pela apresentação da situação problema, relacionando-a com o conhecimento prévio dos estudantes.

A partir do princípio da conservação da matéria: “na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma” (Princípio de Lavoisier) e da conservação da energia: “energia não

pode ser criada nem destruída, apenas transformada” (Primeira Lei da Termodinâmica), os estudantes foram questionados sobre “por que devemos economizar energia?”

Os estudantes foram instruídos a responderem por escrito e foram obtidos vários tipos de respostas. Uma das justificativas mais comuns foi a ideia de que um dia a energia poderia faltar, como podemos observar na Figura 3.

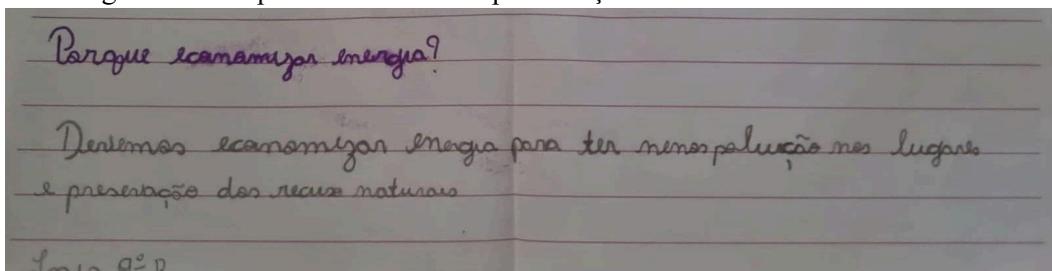
Figura 3 – Resposta enfatizando que a energia pode “faltar”



Fonte: Autoria própria.

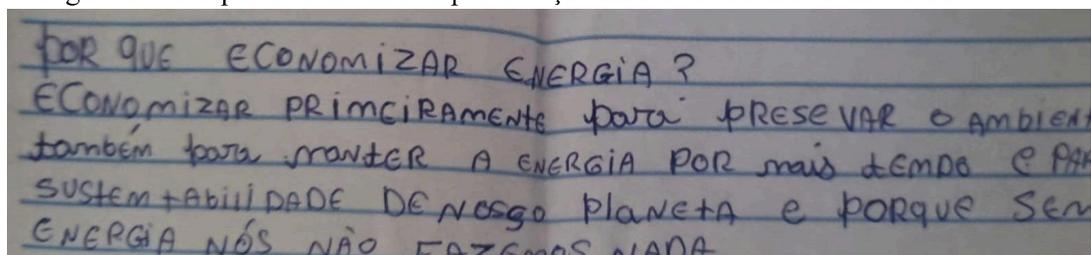
Outras respostas destacaram a necessidade da preservação dos recursos naturais (Figura 4), a preservação do meio ambiente e do planeta (Figura 5) e até a economia financeira (Figura 6).

Figura 4 – Resposta enfatizando a preservação dos recursos naturais



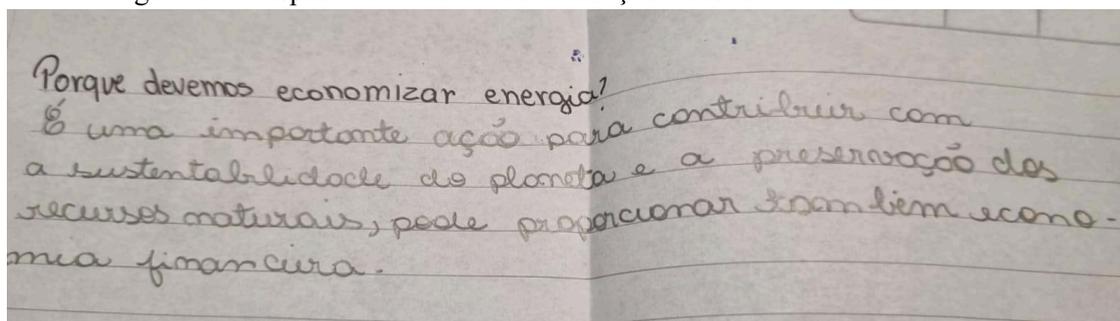
Fonte: Autoria própria.

Figura 5 – Resposta ressaltando a preservação ambiental e a sustentabilidade



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Resposta levando em consideração a economia financeira



Fonte: Autoria própria.

Entendemos que parte dessas respostas pode estar associada ao fato de utilizarmos combustíveis fósseis para gerar energia, e que esses recursos são esgotáveis. Isso demonstra que alguns alunos percebem que a questão da economia de energia está mais relacionada à fonte de geração da mesma do que à própria energia em si.

A maioria dos alunos observou a necessidade de economizar energia como uma forma de reduzir os impactos ambientais e promover uma sociedade mais sustentável. Além disso, alguns levantaram a questão do alto custo da energia elétrica, destacando que economizar energia também resulta em economia financeira.

Durante a aula foi possível perceber que os alunos relacionam a energia à sua transformação no dia a dia, seja em usinas ou em veículos. Seguindo as orientações de Carvalho (2018), procuramos incentivar a argumentação dos estudantes por meio de perguntas, estimulando a participação, a compreensão das técnicas científicas e a construção de novos significados.

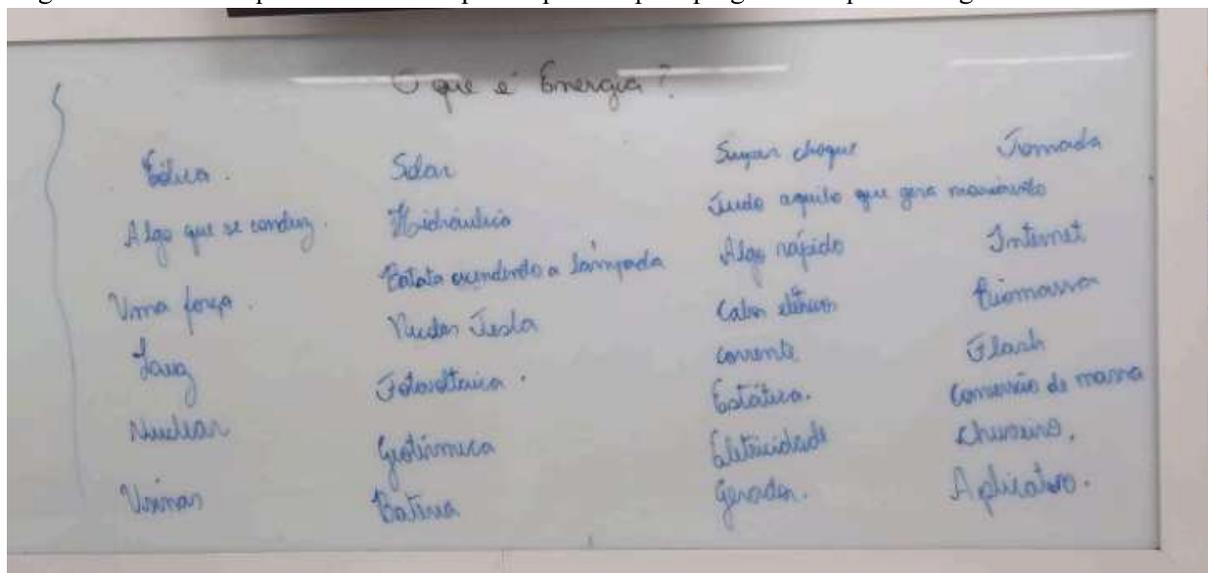
5.2.2 Levantamento dos conhecimentos prévios (2ª aula do 1º encontro - 05/04)

Levando em consideração o que diz Ausubel (1968, p. 37-38) sobre a aprendizagem significativa, em que afirma que esta “implica na organização e integração do material dentro da estrutura cognitiva, sendo concebida como um processo pelo qual novas informações são assimiladas e relacionadas aos conhecimentos preexistentes do indivíduo”, ainda no primeiro encontro buscamos fazer o levantamento das concepções prévias dos estudantes a respeito do tema energia.

Essa abordagem é corroborada pela perspectiva do ensino investigativo, que, segundo Carvalho (2018), é caracterizado pela abordagem de conteúdos científicos que propicia condições para que os alunos possam refletir, levando em consideração seus conhecimentos prévios. Por isso, para a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos, foi solicitado que

eles respondessem à pergunta básica: "O que é energia?". As respostas foram anotadas no quadro (Figura 7). Observa-se que os alunos possuíam várias concepções sobre energia, e que à medida em que as respostas iam surgindo eram instigados a pensar e refletir sobre o tema.

Figura 7 – Foto do quadro com as respostas prévias para pergunta “o que é energia?”



Fonte: Autoria própria.

Observando as respostas dos alunos, nota-se que seus conhecimentos prévios eram baseados, principalmente, no entendimento da conversão de energia elétrica em usinas e aparelhos domésticos. Contudo, eles conseguiam, mesmo que de forma ainda superficial, indicar que a energia também estava contida em alimentos e outros elementos do cotidiano.

Os subsunçores, conforme Ausubel (1968), são elementos preexistentes no repertório cognitivo do aprendiz que atuam como base para a integração de novos conhecimentos. Eles facilitam a aprendizagem significativa ao permitir que novas informações sejam relacionadas a estruturas já estabelecidas, promovendo a retenção e compreensão de forma mais eficaz. Para que desempenhem essa função, os subsunçores devem ser bem definidos, organizados e suficientemente amplos para incluir os novos conteúdos.

Ausubel et al. (1980) expandem esse conceito ao introduzir os organizadores prévios como "pontes cognitivas", que orientam e preparam o aluno para conectar conhecimentos novos a conceitos já consolidados. Dessa forma, os organizadores prévios não apenas auxiliam no desenvolvimento de subsunçores, mas também estruturam a aprendizagem de modo a maximizar sua significância e durabilidade.

Nesse sentido, conforme indicado por Solino (2015), consideramos a pesquisa como um processo dinâmico e aberto, desencadeado e influenciado pelas características específicas

do problema em análise, mantendo uma estreita relação com os conhecimentos já estabelecidos e reconhecidos pelos participantes do processo. Assim, os processos investigativos que seriam deflagrados nos próximos encontros, surgiriam como desdobramentos decorrentes da investigação já em curso.

Este segundo momento foi essencial para compreender como os estudantes pensam sobre o tema energia e identificar quais relações eles estabelecem com os processos do dia a dia. Também serviu para aguçar a curiosidade dos alunos, que ficaram esperando uma resposta “certa” para o questionamento, já que esta não veio do professor. Isso fez com que eles se empenhassem mais na busca pelas suas próprias respostas.

5.2.3 Montagem das Experiências (aulas 3 e 4 do 2º encontro - 12/04)

No segundo encontro (aulas 3 e 4), os alunos concentraram seu trabalho na montagem das experiências indicadas pelo professor. Eles se dividiram em seis grupos, sendo que cada experiência foi montada por dois grupos distintos.

As experiências possuíam roteiros fornecidos pelo professor (Apêndice A), com a possibilidade de serem adaptados pelos alunos durante a montagem, incentivando a criatividade e o pensamento crítico. Os materiais necessários foram disponibilizados pelo professor, garantindo que todos os grupos tivessem condições de realizar os experimentos. Sob essa perspectiva, o grau de liberdade dessa atividade variou entre 2 e 3, de acordo com a classificação de Carvalho (2018).

De acordo com Gómez e Adúriz-Bravo (2007), o ensino de ciências conduzido em sala de aula pode ser encarado como uma prática profissional, e envolver os alunos nessas atividades científicas equivale a torná-los aprendizes de ofício. Dentro desse contexto, as escolhas das experiências e a condução das atividades não apenas desenvolveram habilidades técnicas e experimentais, mas também aproximaram os alunos da prática científica, incentivando-os a compreenderem o papel da ciência em situações práticas e cotidianas.

1. A participação ativa dos alunos na montagem e modificação das experiências, o que promoveu um entendimento mais profundo do conteúdo e também deixou o ensino mais divertido.
2. O incentivo à autonomia e ao pensamento crítico, permitindo que os alunos fizessem ajustes e encontrassem soluções, por si mesmos, transformando o aprendizado da Física em algo possível e interessante.

Estas situações demonstram o quanto a metodologia de ensino por investigação pode ser eficaz para o ensino de ciências, envolvendo os alunos ativamente no processo de aprendizagem e incentivando o desenvolvimento de habilidades científicas essenciais.

A dinâmica das atividades tornou o ambiente mais leve, permitindo que os alunos se sentissem mais à vontade, sem a pressão tradicional do conteúdo teórico de Física. Esse processo colaborativo e prático proporcionou uma experiência de aprendizagem mais fluida e descontraída, promovendo a autonomia e o engajamento com o conteúdo de maneira mais significativa.

Nas imagens a seguir (Figuras 8, 9 e 10) é possível perceber a organização dos grupos durante a execução das montagens das experiências.

Figura 8 – Organização da experiência da Usina



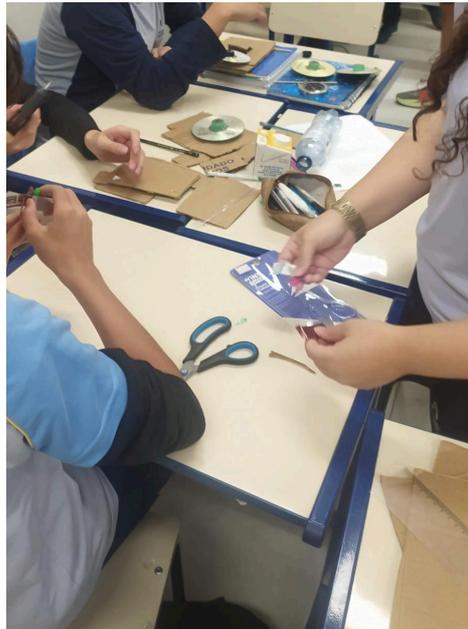
Fonte: Autoria própria.

Figura 9 – Organização da experiência do Amendoim



Fonte: Autoria própria.

Figura 10 – Organização da experiência do Carrinho



Fonte: Autoria própria.

Surgiram dificuldades durante a montagem, de modo que os alunos tiveram que aprender também a resolver os problemas, ampliando a cultura e a linguagem científica ao exporem suas dificuldades (CARVALHO, 2013). Os grupos responsáveis pelo carrinho, por exemplo, tiveram dificuldade em fazer o furo nas tampinhas de forma alinhada, o que dificultava o giro do eixo e, conseqüentemente, o movimento do carrinho. Os grupos que fizeram a usina termelétrica tiveram dificuldade para construir uma ventoinha mais solta, que

girasse de forma mais livre, e também fixar o suporte da caldeira (latinha de refrigerante) e montar o suporte da ventoinha. Os grupos responsáveis pela montagem do calorímetro tiveram dificuldade para fazer a abertura na caixa de leite de modo que coubesse o amendoim com o suporte. Todas essas dificuldades foram superadas pelos próprios alunos.

5.2.4 Execução das Experiências (3º encontro - aulas 5 e 6 - 28/04)

No terceiro encontro, aulas 5 e 6, os grupos colocaram em prática as experiências indicadas. Inicialmente os grupos apresentaram as experiências para o restante da turma. Durante a apresentação indicaram as mudanças que consideraram necessárias no roteiro para o aperfeiçoamento da experiência. Essa possibilidade de aperfeiçoar fez o grau de liberdade subir para o nível 3 (Carvalho, 2018), ficando mais à vontade sem se prenderem ao roteiro disponibilizado.

Com relação ao grau de liberdade dos experimentos (Carvalho, 2018), podemos destacar que:

- A experiência do Calorímetro foi construída por um grupo modificando o roteiro de forma mínima fluando entre os graus 2 e 3 de liberdade. O outro grupo fez de forma idêntica ao roteiro mantendo o grau de liberdade 2.
- A experiência do Carrinho funcionou somente para um dos grupos que seguiu o roteiro fazendo pequenas mudanças, fluando entre os graus de liberdade 2 e 3. O outro grupo não conseguiu concluir a montagem .
- As experiências da Usina Termelétrica foram as que mais sofreram mudanças em relação ao roteiro inicial. Os dois grupos apresentaram usinas com execuções bem diferentes daquela proposta no roteiro, trabalhando o tempo todo com grau de liberdade 3.

As imagens a seguir (Figuras 11, 12, 13, 14 e 15) mostram etapas da execução dos experimentos.

Figura 11 – Execução do Calorímetro utilizando uma cortiça na base.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – Execução do Calorímetro utilizando um pedaço de isopor na base.



Fonte: Autoria própria.

Os grupos da usina termelétrica fizeram mais modificações que os demais. Ambas as ventoinhas foram construídas de formas diferentes: uma, na Figura 13, foi feita apenas com

latinhas recicladas, enquanto a da Figura 14 foi construída conforme o roteiro, utilizando um canudo no centro e tiras de alumínio ao redor.

A base da usina da Figura 14 foi modificada de isopor para madeira, e o suporte foi construído com palitos de picolé. Já a usina da Figura 13 manteve o isopor conforme o roteiro.

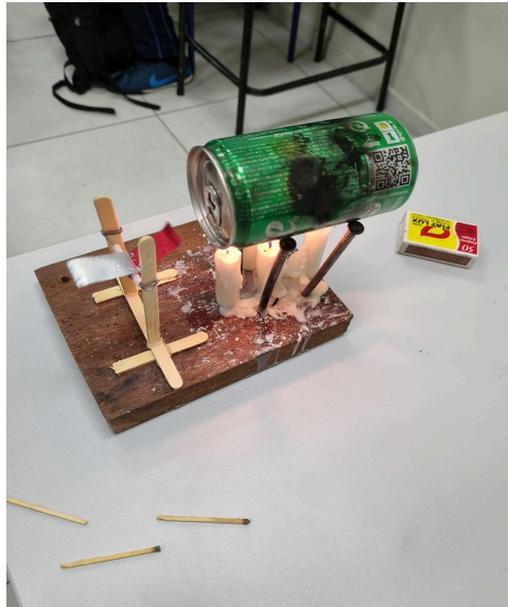
A usina da Figura 13 possui uma base de madeira para as velas que é diferente do que foi proposto no roteiro, já a usina da Figura 14 mantém a vela diretamente sobre a base.

Figura 13 – Execução da Usina Termelétrica utilizando a base de isopor e a ventoinha feita somente com uma parte de uma lata



Fonte: Autoria própria.

Figura 14 – Execução da Usina Termelétrica utilizando a base de madeira e o suporte da ventoinha com palitos de picolé.



Fonte: Autoria própria

O grupo do carrinho aproveitou para embelezar o veículo, deixando-o esteticamente melhor. Eles também modificaram a base da garrafa, adicionando uma base extra onde está a bandeira do Brasil, para elevar mais a garrafa.

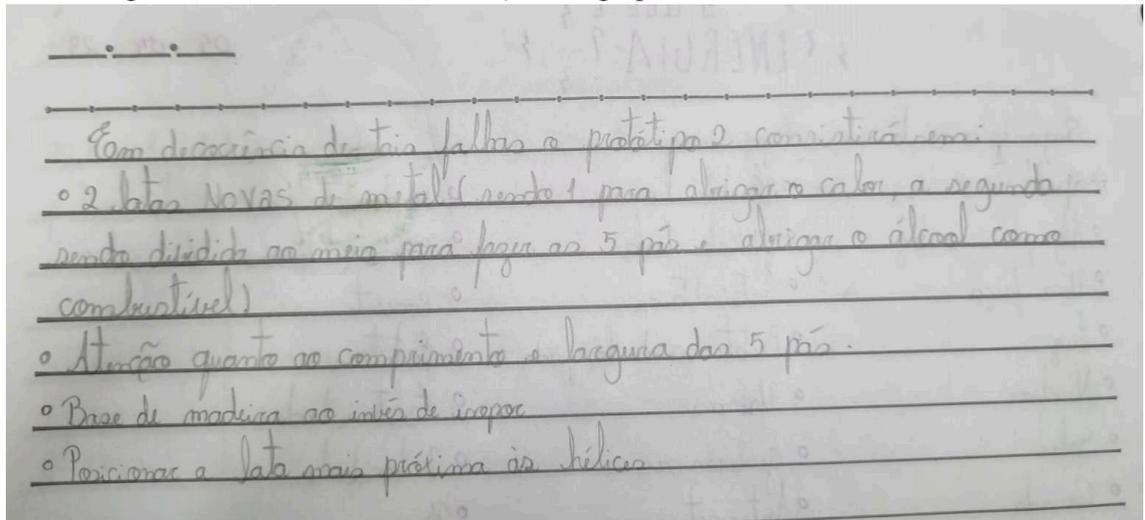
Figura 15 – Execução do Carrinho de Bicarbonato e Vinagre



Fonte: Autoria própria.

O grupo que construiu a usina ilustrada na Figura 13 criou um relatório em que indicam as mudanças que consideravam pertinentes para o projeto (Figura 16).

Figura 16 – Relatório de modificações do grupo da Usina Termelétrica



Fonte: Autoria própria.

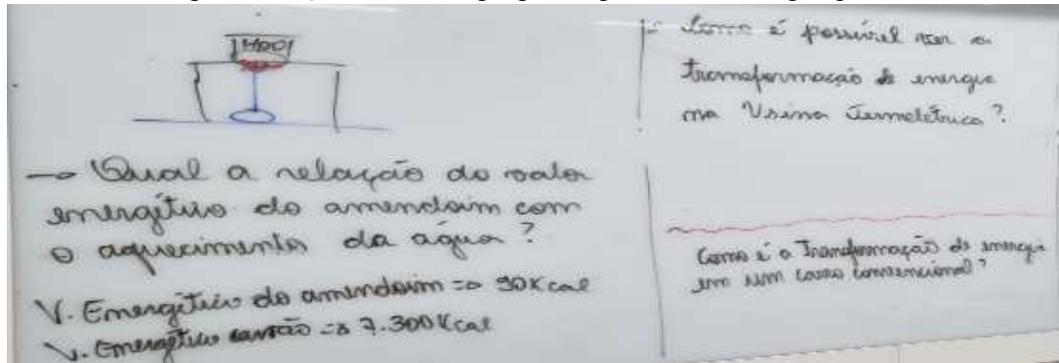
O relatório revela o comprometimento dos alunos com a proposta e seu engajamento em alcançar resultados satisfatórios durante a apresentação das experiências. Eles demonstraram iniciativa ao modificar materiais e padrões de medida, aprimorando o funcionamento das experiências além do roteiro original. Por exemplo, perceberam que a troca de combustível poderia aumentar a potência da Usina Termelétrica, ou que o uso de uma ventoinha feita apenas de lata reduziria a perda de energia por atrito. Essas adaptações mostram a capacidade dos alunos de aplicar conhecimentos teóricos na prática e de buscar soluções mais eficientes.

Neste encontro procuramos analisar o entendimento dos alunos em relação aos conteúdos explorados em cada experimento, enquanto eles apresentavam as experiências. De forma geral, antes mesmo da execução dos trabalhos, os alunos já previam o que iria ocorrer. Entendemos que já havia uma expectativa em relação aos resultados devido ao conhecimento prévio que os alunos já possuíam (Ausubel, 1968), e também pelos nomes dados às experiências nos respectivos roteiros.

A partir dessa observação, após a execução das experiências, escrevi no quadro perguntas para que os grupos pudessem pesquisar em casa e discutirmos no próximo encontro. A ideia da pesquisa era para que os alunos pudessem se apropriar de argumentos científicos para a discussão das perguntas feitas no início das atividades e que seriam retomadas no último encontro. De acordo com Bricker e Bell (2008), a aprendizagem orientada pela investigação pode fomentar a elaboração desses argumentos, utilizando

evidências e explicações para justificar as conclusões. A Figura 17 apresenta as anotações feitas no quadro, com as respectivas questões.

Figura 17: Quadro com as perguntas para orientar as pesquisas.



Fonte: Autoria própria.

Neste encontro destaca-se a participação ativa dos alunos e a euforia que demonstraram durante as experiências, como se estivessem competindo. A maioria dos alunos se empenhou em obter resultados, buscando formas de aperfeiçoar os protótipos dos experimentos e dar mais vida aos seus trabalhos.

Durante a montagem e execução dos experimentos, pude verificar que os alunos começaram a perceber a Física como uma ciência dinâmica e envolvente, e não apenas como um conjunto de cálculos complicados. Muitos relataram que a Física "é uma matéria muito gostosa de se aprender" e que "as aulas são muito legais", entre outros comentários positivos.

5.2.5 Verificando o conhecimento adquirido (4º encontro - aulas 7 e 8 - 05/05)

Nas duas últimas aulas fizemos uma série de testes para buscar entender se os alunos haviam adquirido novos conhecimentos sobre energia e suas aplicações. Para isso, foram utilizadas as seguintes estratégias: 1) Discussão dos princípios físicos observados nas experiências; 2) Discussão da pergunta-problema: por que economizar energia?; 3) Construção de um mapa conceitual; e 4) Aplicação de questões sobre o tema na prova bimestral.

5.2.5.1 Discussão sobre os princípios físicos observados nas experiências

A discussão sobre os princípios físicos foi conduzida a partir das respostas dos estudantes às três perguntas feitas no encontro anterior dentro dos próprios grupos, visando chegar à conclusão do problema.

Os alunos foram organizados em círculo, de modo que todos pudessem se ver. Logo no início perguntei: “Como vocês fizeram para resolver o problema?” (Carvalho, 2018). A partir da discussão gerada, foi possível perceber que os alunos conseguiram interpretar os conceitos envolvendo a transformação de energia em cada experimento, passando da ação manipulativa para a ação intelectual (Piaget, 1977; 1978).

Entre as respostas, destacam-se:

“O valor energético do amendoim é a quantidade de energia que ele transforma em sua queima em energia térmica da água,”

“No vapor da água, devido ao seu aquecimento, ou seja, a energia térmica, que passa a energia da água para o movimento da ventoinha, energia mecânica,”

“O carro tradicional usa a energia química da queima da gasolina para fazer o motor se mover e depois o carro se mover, ou seja, energia química em mecânica.”

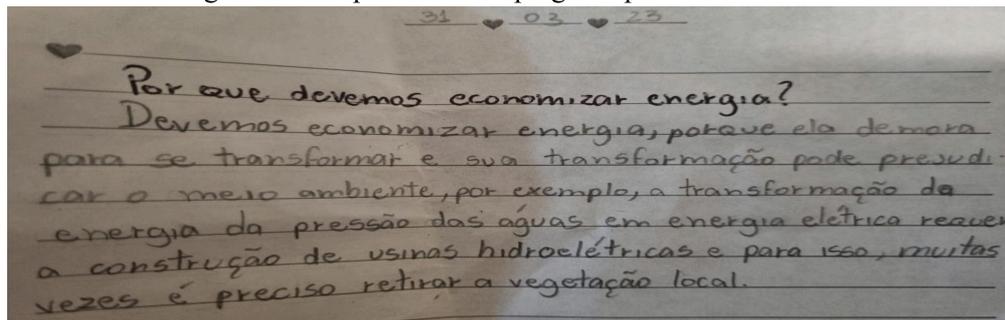
A partir dessas respostas foi possível perceber como o contexto ideacional facilitou a assimilação significativa de um novo conhecimento (Moreira, 2011).

Nessa discussão, buscando a causalidade física (Piaget & Garcia, 1984), indaguei aos alunos os motivos pelos quais eles consideravam que conseguiram solucionar o problema (Carvalho, 2018). Dessa forma, eles começaram a construir os conceitos que serão aprofundados mais tarde, no ensino médio. Destaca-se ainda a mudança de visão dos alunos em relação à transformação de energia no dia a dia devido às experiências realizadas em comparação com aquelas apresentadas no primeiro encontro.

5.2.5.2 Discussão sobre a pergunta-problema (Por que devemos economizar Energia?)

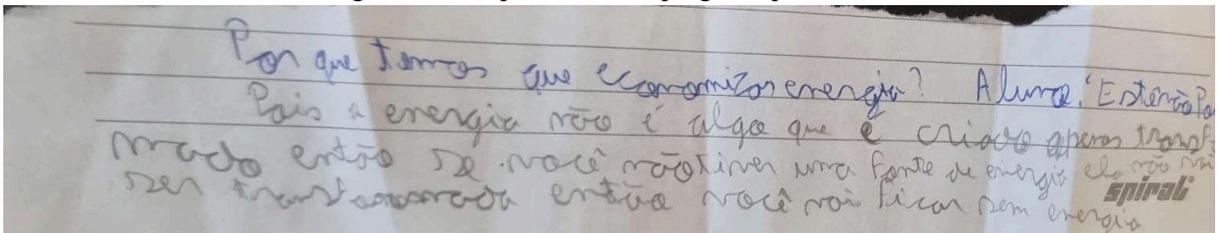
A ideia dessa discussão foi verificar se os novos conceitos adquiridos a partir das experiências ajudariam os alunos a construir argumentos mais robustos para responder à pergunta "Por que devemos economizar energia?". Devido à necessidade de coletarmos dados para análise, solicitamos que respondessem novamente por escrito, o que lhes deu a oportunidade de individualizar suas ideias e argumentos (Carvalho, 2018). As Figuras 18, 19 e 20 apresentam algumas das respostas.

Figura 18: Resposta sobre a pergunta problema.



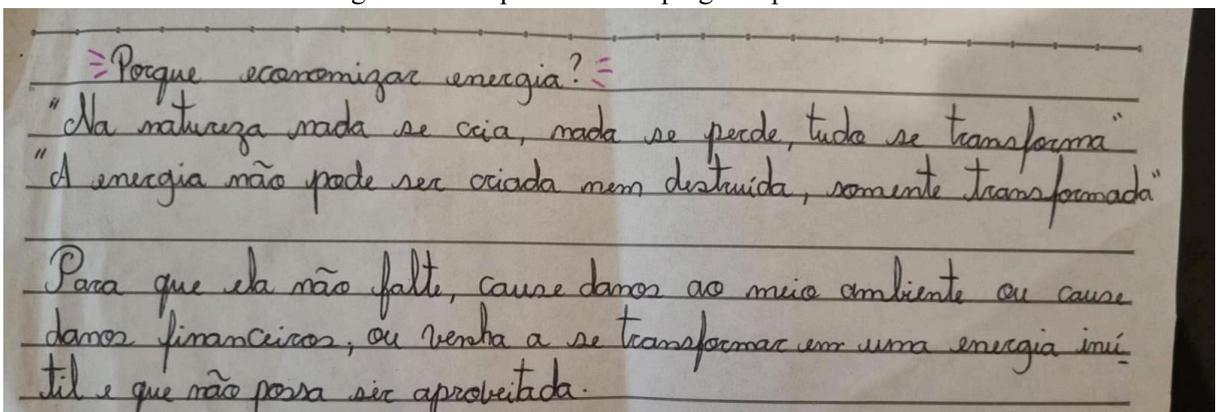
Fonte: Autoria própria.

Figura 19: Resposta sobre a pergunta problema.



Fonte: Autoria própria.

Figura 20: Resposta sobre a pergunta problema.



Fonte: Autoria própria.

As respostas dos alunos revelam uma mudança significativa na sua opinião e na forma como utilizam argumentos. Eles passaram a compreender de maneira sistemática que não é a energia que se esgota, mas sim a necessidade de preservar as fontes de energia que é crucial.

Um ponto interessante é que os alunos reconheceram que, após a transformação, a energia não segue um ciclo infinito. Eles explicaram isso ao afirmar que a energia pode se transformar em "uma energia inútil que não pode ser aproveitada", indicando que, embora a energia sempre se transforme, nem sempre é útil para os seres humanos.

Conseqüentemente, essa percepção leva a questão além de uma simples preocupação ambiental, transformando-a em um paradigma sobre as interações da energia e sua utilidade para o bem-estar humano.

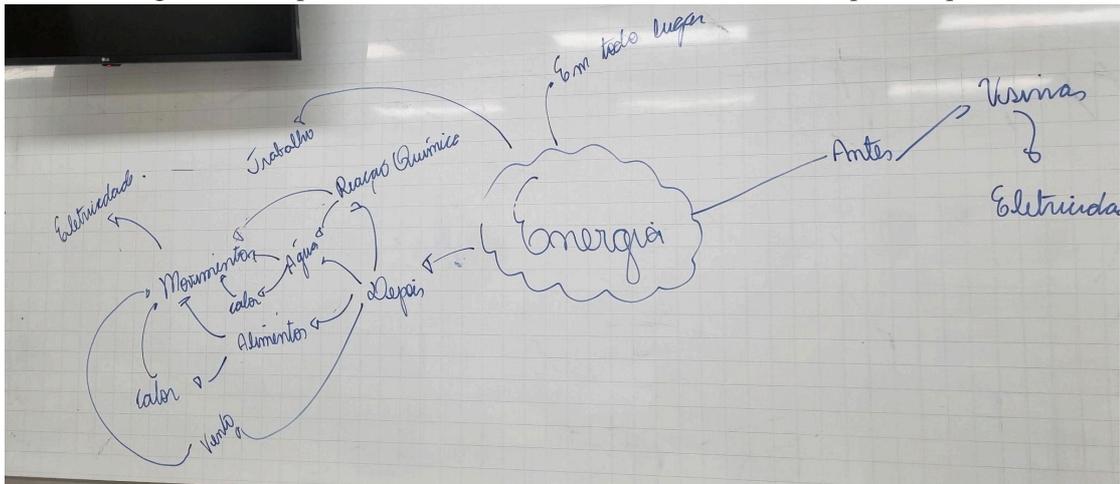
5.2.5.3 Construção de um mapa conceitual dos novos aprendizados sobre energia.

O mapa conceitual foi construído junto com os alunos, com base nos conceitos de Ausubel e Novak. Novak e Cañas (2010) enfatizam que os mapas conceituais são ferramentas poderosas para representar o conhecimento de forma organizada e visual. Eles destacam que os mapas conceituais ajudam a mostrar as relações entre conceitos, proporcionando uma representação gráfica que facilita a compreensão e a aprendizagem.

Para Moreira e Masini (1982, p. 09), "Mapas Conceituais podem ser interpretados como diagramas hierárquicos de conceitos de uma disciplina ou de uma parte de uma disciplina, ou seja, são instrumentos norteadores e instrutivos simplificados de programação de uma disciplina ou conteúdo". Já para Novak e Gowin (1984, p. 33), este é um "[...] recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições". Em suma, trata-se de uma ferramenta que pode ser interpretada como um mapa do conhecimento adquirido, destacando as ideias-chave apreendidas. Dessa forma, toda a sequência de ensino por investigação trabalhada tinha um significado estrutural e cognitivo, que é o que entendemos como aprendizagem significativa.

Enquanto íamos construindo o mapa, com base nas respostas dos alunos, aproveitamos para discutir as diversas formas em que a energia é transformada no mundo, dando mais espaço para o contexto no dia a dia, conforme aconselham Carvalho (2018) e Moreira (2011). Discutimos sobre a geração de energia elétrica e apresentamos outros tipos de usinas. Ao final do processo, chegamos ao mapa conceitual mostrado na Figura 21.

Figura 21: Mapa conceitual com os novos conhecimentos adquiridos pelos alunos



Fonte: Autoria própria.

Nota-se pelas setas que foi possível deduzir transformações de energia nas usinas e no cotidiano. Como exemplo, podemos citar a ligação da água, que gera calor, que por sua vez gera movimento, e esse movimento gera eletricidade. Neste momento, foi possível contextualizar sobre todas as usinas térmicas (termoelétrica, termonuclear e geotérmica). Além disso, abordamos também outras formas de transformação de energia em energia elétrica: hidrelétrica, maremotriz e eólica.

Cabe destacar que a contextualização das usinas foi feita de forma coletiva e colaborativa, proporcionando autonomia para que os alunos concluíssem suas ideias sobre as formas de transformação de energia (Carvalho, 2018). Neste encontro os alunos participaram de maneira muito mais ativa nas argumentações, demonstrando segurança em suas respostas e o envolvimento de todos os participantes.

É importante destacar que os alunos mudaram completamente a forma como entendem a energia. Inicialmente, eles associavam todas as formas de energia diretamente com a transformação em energia elétrica ou a partir dela. No entanto, durante os debates e a construção do mapa conceitual, ficou claro que os alunos passaram a compreender que é possível transformar a energia dos alimentos em movimento, como no dia a dia, e que um carro pode se locomover utilizando apenas a energia química do combustível, sem precisar de energia elétrica. Essas mudanças influenciam diretamente seus subsunçores, proporcionando novos e reais conhecimentos sobre energia.

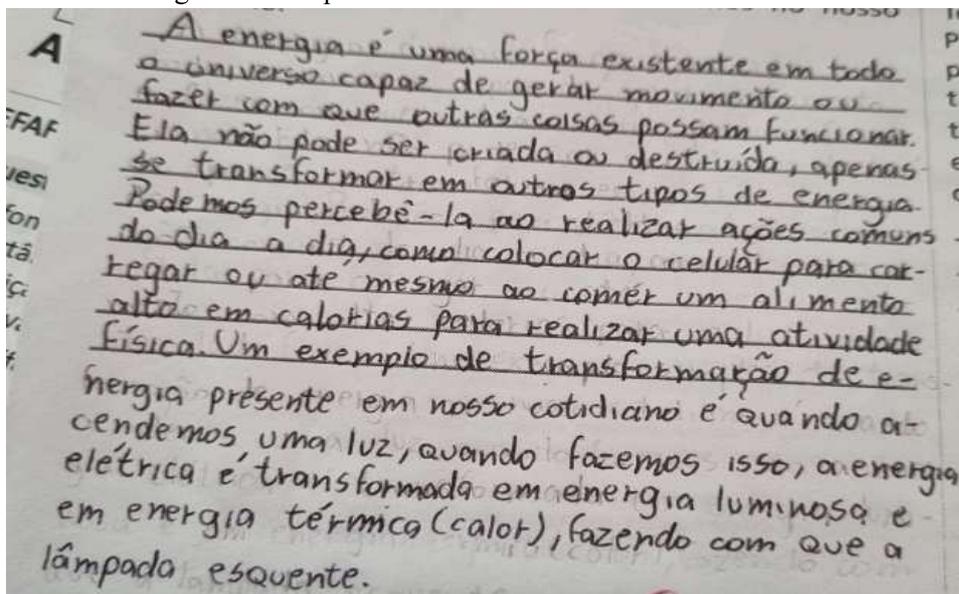
5.2.5.4 Perguntas apresentadas na avaliação bimestral sobre o tema energia

Ainda na perspectiva da avaliação da aprendizagem, foram feitas duas perguntas na prova bimestral referentes a SEI (Sequência de Ensino por Investigação) sobre o tema energia. A primeira delas apresentava o seguinte enunciado:

“Escreva um pequeno texto (pelo menos 5 linhas) explicando "o que é Energia ?" dentro do que aprendeu. Dê exemplos de como podemos percebê-la no dia a dia e como a transformamos no nosso cotidiano”.

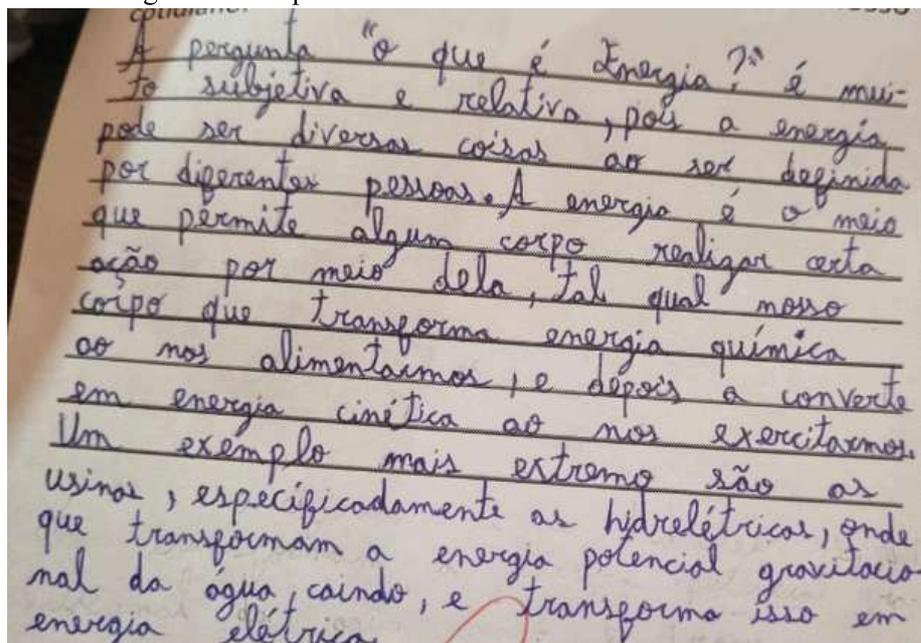
As Figuras 22 e 23 destacam duas das respostas apresentadas.

Figura 22: Resposta de um aluno na atividade avaliativa.



Fonte: Autoria própria.

Figura 23: Resposta de outro aluno na atividade avaliativa.



Fonte: Autoria própria.

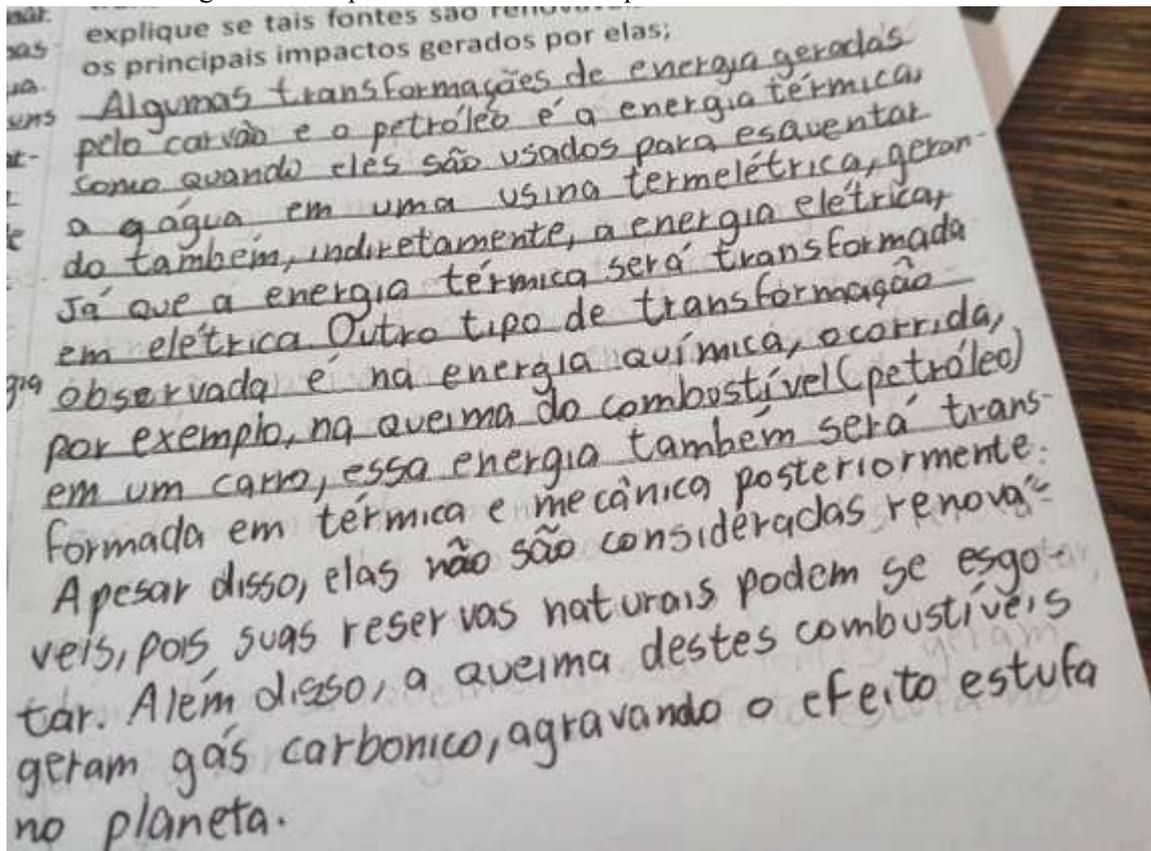
As respostas dos alunos foram bastante semelhantes, indicando que eles conseguiram perceber as mudanças ao observar e criar as experiências. Isso sugere que foram capazes de associar a ideia de energia a vários outros fatores além da energia elétrica. As respostas frequentemente mencionaram a ideia de transformação energética, demonstrando que eles entendem a energia como algo observável quando é transformada e conservada, e não apenas utilizada na forma de eletricidade. Essa repetição do termo 'transformação' nas respostas evidencia que os alunos compreendem que a energia é algo que pode ser manuseado, transformado e conservado em diferentes formas, refletindo uma compreensão mais ampla e integrada do conceito de energia.

A outra questão apresentava o seguinte enunciado:

“A principal fonte de produção de Energia no mundo é o carvão vegetal e o Petróleo, sua queima é utilizada entre outras coisas para gerar Energia em Usinas Termelétricas e fazer movimentar veículos em todo Planeta. Levando em consideração que a "Energia não pode ser criada nem destruída somente transformada", conceitue em um pequeno texto as transformações de Energia que as duas fontes geram explique se tais fontes são renováveis ou não e defina os principais impactos gerados por elas;”

A Figura 24 exemplifica uma das respostas dada a esta questão.

Figura 24: Resposta do aluno a outra questão da atividade avaliativa.



Fonte: Autoria própria.

Nessa resposta, destaca-se a percepção dos alunos em relação às transformações de energia e a capacidade de relacionar temas de outras disciplinas ao que abordamos. Um exemplo disso é a menção ao gás carbônico, que não foi diretamente discutido, mas foi trazido pelos alunos em suas respostas. Além disso, os alunos usaram uma linguagem mais sofisticada e abordaram o tema com muita segurança, demonstrando confiança em suas explicações sem receio de errar ou comprometer o resultado final. Isso evidencia uma compreensão profunda e integrada dos conceitos, bem como a habilidade de conectar conhecimentos interdisciplinares de forma significativa.

5.2.5.5 Discussão com a turma sobre a SEI na visão dos alunos

A última parte da análise do produto educacional diz respeito à forma como os alunos avaliaram a sequência de ensino investigativo. No último encontro, foi destinado um espaço para que os alunos pudessem expressar seus sentimentos, opiniões e críticas sobre a SEI. Para estimular a conversa, foram feitas as seguintes perguntas: “Vocês consideram que essa forma

de ensinar foi mais atrativa? Como vocês observaram o método científico na sequência ensino? A Física é tão difícil quanto vocês imaginavam?

Com relação à primeira pergunta, todos os alunos responderam afirmativamente. Destaca-se aqui o comentário de uma aluna que disse: "Senti no ensino de Física uma forma de diversão e não somente explicações científicas com cálculos".

Sobre a percepção do método científico, os alunos mencionaram que passaram a reconhecer o método científico nas experiências e nos questionamentos. Destaca-se a seguinte resposta: "Quando o professor nos apresenta uma pergunta sem resposta e nos dá uma experiência para tentarmos chegar a essa resposta, consigo ver o método científico em ação".

Em relação à última pergunta, embora cinco alunos tenham respondido que sim, que ainda consideravam a física difícil, a maioria das respostas foi negativa e justificada de forma semelhante. Os alunos expressaram que, quando a aula é prática, fica mais fácil de entender, e alguns destacaram a ausência de cálculos como um aspecto que tornou a física mais acessível.

Para concluir esta análise, destaca-se o engajamento dos estudantes nas aulas. Em uma aula tradicional, geralmente não se consegue manter a atenção de todos os alunos durante todo o processo de ensino. Durante a aplicação do produto isso foi diferente. Na maior parte do tempo os alunos estavam engajados, participantes, colaborativos e criavam expectativas sobre os resultados dos experimentos. Além disso, questionavam e expressavam suas opiniões em todas as etapas da sequência de ensino.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os relatos e análises apresentados ao longo deste trabalho, torna-se evidente a importância e os benefícios do ensino por investigação no contexto do ensino de física. A abordagem adotada proporcionou uma experiência mais atrativa e significativa para os alunos, permitindo que eles não apenas compreendessem os conceitos científicos, mas também os aplicassem em situações práticas e contextualizadas.

Por se tratar de uma sequência de ensino investigativo (SEI) que utiliza materiais reciclados nas aulas práticas, essa abordagem pode ser eficaz, mesmo em locais com condições financeiras menos favoráveis. Além disso, é aplicável em qualquer ambiente escolar devido à sua acessibilidade. Com as devidas adaptações à realidade do docente, ela pode ser facilmente implementada.

Ao utilizar metodologias que incentivam a participação ativa dos alunos, como a realização de experimentos e a discussão de problemas reais, foi possível observar um maior engajamento e interesse por parte dos estudantes. Além disso, a autonomia concedida aos alunos para explorar e questionar os fenômenos físicos contribuiu para o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a argumentação científica.

A partir das reflexões dos alunos sobre suas percepções em relação ao desenvolvimento do conceito de energia, fica claro que a abordagem prática e investigativa tornou o aprendizado mais acessível e menos intimidante. Os relatos de que a Física foi percebida como uma disciplina mais envolvente e menos difícil reforçam a importância de estratégias pedagógicas inovadoras e contextualizadas.

. A abordagem adotada, centrada na Sequência de Ensino por Investigação (SEI) e no uso de mapas conceituais, demonstrou ser eficaz na promoção da aprendizagem significativa sobre o tema da energia. Os resultados evidenciam que os alunos do 9º ano, ao participarem das atividades práticas e das discussões, conseguiram avançar significativamente na compreensão dos conceitos de energia. Através da realização de experiências, os estudantes não apenas aplicaram conhecimentos teóricos, mas também conseguiram estabelecer conexões entre diferentes formas de energia e suas aplicações práticas. A habilidade de relacionar conceitos de energia com situações do cotidiano e de aplicar esse conhecimento em novos contextos foi amplamente desenvolvida.

Uma contribuição importante deste trabalho foi a capacidade de preparar os alunos para o aprofundamento dos temas no ensino médio. A abordagem prática e investigativa não só proporcionou uma base sólida de conhecimento sobre energia, mas também desenvolveu

habilidades críticas e de resolução de problemas que são essenciais para o estudo de conceitos mais complexos no futuro. A experiência demonstrou que uma introdução precoce e bem estruturada aos princípios científicos pode facilitar a transição para conteúdos mais avançados, preparando os alunos para um aprendizado mais profundo e significativo.

Como professor, a aplicação da sequência de ensino me motivou a buscar novas abordagens para o ensino de Física. Os resultados obtidos evidenciam como estratégias pedagógicas eficazes podem impactar positivamente o processo de aprendizagem e preparar os alunos para estudos mais avançados em ciências. A implementação da sequência resultou em uma melhora significativa nas aulas, especialmente com a mudança de protagonismo do professor para o aluno. Essa mudança se mostrou mais atraente para os alunos em comparação com as aulas expositivas tradicionais.

Além disso, houve um aumento notável na participação dos alunos. Reduziram-se os preconceitos em relação ao aprendizado de Física, e os alunos passaram a perceber o conteúdo não apenas como um campo de cálculos, mas também como algo interessante e até mesmo divertido. Essa transformação na percepção do ensino de Física demonstra a eficácia da abordagem adotada.

Essa dissertação deixa lacunas para bons estudos futuros. A aplicação da sequência de ensino foi realizada em uma única turma do 9º ano, o que limita a generalização dos resultados. Estudos adicionais poderiam explorar a aplicação da sequência em diferentes turmas, escolas ou contextos regionais, permitindo verificar a eficácia da abordagem em uma variedade de situações educacionais.

Uma avaliação longitudinal poderia fornecer uma visão mais completa sobre o impacto duradouro da sequência de ensino na compreensão dos conceitos de Física pelos alunos e em sua preparação para o ensino médio. Acompanhamentos ao longo dos anos poderiam revelar a sustentabilidade dos benefícios observados e oferecer insights sobre a manutenção do aprendizado ao longo do tempo.

Outro aspecto importante é a formação e o suporte contínuo para professores na implementação de metodologias inovadoras. Estudos futuros poderiam focar em como preparar e apoiar os professores para a aplicação de novas estratégias pedagógicas, garantindo que eles se sintam confiantes e bem equipados para conduzir o processo de ensino.

Uma possibilidade seria aplicar a mesma sequência de ensino em turmas do ensino médio, correlacionando as diversas situações em que a transformação de energia é percebida. Isso permitiria um estudo com maior liberdade para os alunos e uma integração mais ampla de conhecimentos interdisciplinares, potencialmente alcançando resultados significativos.

Portanto, os resultados obtidos corroboram a eficácia do ensino por investigação como uma alternativa promissora para tornar o ensino de Física mais significativo e estimulante. A partir dessas conclusões, ressalta-se a importância de incentivar e promover práticas pedagógicas que valorizem a participação ativa dos alunos, a experimentação e a contextualização dos conteúdos, visando assim proporcionar uma educação de qualidade e mais alinhada às demandas e desafios do mundo contemporâneo.

REFERÊNCIAS

- ABELL, S. K. **The Role of Inquiry in Science Teaching**. Springer, 2007.
- ANGOTTI, R. **Metodologia do Ensino de Ciências**. Editora XYZ, 1991.
- AUTH, T.; ANGOTTI, R. **Ensino de Ciências: Novas Perspectivas**. Editora ABC, 2005.
- AUSUBEL, D. P. **The Assimilation of Knowledge**. Educational Publishers, 1980.
- AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BUZAN, T. **Mapas Mentais: Como Usá-los para Estudar e Organizar o Pensamento**. Editora XYZ, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- CARVALHO, A. **Ensino de Ciências: Teorias e Práticas**. Editora XYZ, 2018.
- CARVALHO, A.; et al. **Metodologias Ativas no Ensino de Ciências**. Editora ABC, 2010.
- CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. 3. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2003.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Editora XYZ, 1996.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. Editora ABC, 1987.
- FEYNMAN, R. P. **The Feynman Lectures on Physics**. Addison-Wesley, 1967.
- GIL PÉREZ, D. **Didática da Ciência**. Editora ABC, 1991.
- GÓMEZ, J.; ADÚRIZ-BRAVO, A. **Teaching Science as a Profession**. Educational Science Publishing, 2007.
- JACQUES, L. **A Construção do Conhecimento em Ciências**. Editora XYZ, 2008.
- KUHN, D. **The skills of argument**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- MATTHEWS, M. R. **Constructivism in Science Education: A Philosophical Perspective**. Science Education Review, 1994.
- MOREIRA, M. A. **Ensino de Ciências e Desenvolvimento Cognitivo**. Editora ABC, 2011.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn**. Cambridge University Press, 1984.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. **Enhancing the quality of argument in school science**. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 10, p. 994-1020, 2004. DOI: 10.1002/tea.20035.

PÉREZ-LANDEZÁBAL, A.; et al. **A Metodologia da Pesquisa em Ensino de Ciências**. Editora XYZ, 1995.

SEVILLA SEGURA, J. **Estratégias de Ensino e Aprendizagem em Ciências**. Editora ABC, 1986.

SOLBES, J.; TARÍN, M. **O Ensino das Ciências: Novas Perspectivas e Desafios**. Editora XYZ, 1998.

PIAGET, J. **A Psicologia da Criança**. Editora ABC, 1977.

PIAGET, J. **A Formação do Simbolismo na Criança**. Editora ABC, 1978.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn**. Cambridge University Press, 1984.

APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

José Márcio de Oliveira Duque

**Explorando o conceito de energia em uma sequência de ensino investigativo para o 9º
ano do ensino fundamental**

Juiz de Fora

2024

José Márcio de Oliveira Duque

**Explorando o conceito de energia em uma sequência de ensino investigativo para o 9º
ano do ensino fundamental**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Dr. Paulo Henrique Dias de Menezes

Juiz de Fora

2024

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
1 PROPOSTA TEÓRICO-METODOLÓGICA.....	5
2 A SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	6
2.1 ETAPA 1 - PROBLEMATIZAÇÃO.....	7
2.2 ETAPA 2 - SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO (EXPERIMENTAÇÃO)...	9
2.3 ETAPA 3 - SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO (Parte 2 - aulas 5 e 6).....	11
2.4 ETAPA 4 - CONCLUSÃO - ELABORAÇÃO DO NOVO CONHECIMENTO (aulas 7 e 8).....	14
3 ATIVIDADE EXTRA - O QUIZ KAHOOT.....	17
REFERÊNCIAS.....	18
APÊNDICE A1 - ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS.....	19
EXPERIMENTO DO AMENDOIM.....	20
EXPERIMENTO DA USINA TERMELÉTRICA.....	23
EXPERIMENTO DO CARRINHO.....	27
APÊNDICE B - QUESTÕES PARA ELABORAÇÃO DO QUIZ.....	32

APRESENTAÇÃO

Prezado(a) Professor(a),

É com grande satisfação que apresentamos este produto educacional, desenvolvido como parte dos requisitos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Trata-se de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) voltada para a abordagem do conteúdo de energia no 9º ano do Ensino Fundamental, podendo ser adaptada para alunos do Ensino Médio.

A abordagem didática adotada neste produto tem como objetivo contextualizar de forma interdisciplinar o conceito de energia, buscando induzir uma reflexão sobre a importância do uso consciente da energia. Essa reflexão é orientada pela questão-problema: "Por que devemos economizar energia?"

A estrutura metodológica da SEI baseia-se nos princípios do ensino por investigação, conforme apresentado por Carvalho (2018). Por meio dessa abordagem, os alunos são incentivados a explorar, investigar e argumentar, utilizando experimentos como suporte para suas descobertas. Além disso, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) orienta nossa compreensão do processo de construção do conhecimento. Segundo essa teoria, os alunos organizam o conhecimento de forma hierárquica e estabelecem conexões entre conceitos preexistentes e novos, atribuindo-lhes significados.

O produto educacional é composto por uma SEI dividida em quatro etapas, com um total de oito aulas de 50 minutos cada. Cada etapa é estruturada em torno de atividades que visam estimular os estudantes a buscarem uma compreensão acerca da questão-problema. Embora haja roteiros pré-estabelecidos, os alunos têm a liberdade de alterá-los, proporcionando uma abordagem mais flexível e participativa.

Esperamos que esta sequência de ensino ajude a promover a compreensão e a reflexão dos alunos sobre o conceito de energia, e que também ofereça uma abordagem inovadora, que estimule nos estudantes uma postura científica na abordagem de problemas, desconstruindo os paradigmas em torno da dificuldade de se compreender a Física. As aulas têm como objetivo inspirar os alunos a explorar a Física de maneira criativa e envolvente, incentivando-os a se tornarem pessoas ativas na busca do seu próprio aprendizado.

1 PROPOSTA TEÓRICO-METODOLÓGICA

O produto foi organizado na forma de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI). Trata-se de uma metodologia pedagógica que visa promover a aprendizagem ativa e significativa, baseada em princípios investigativos. A primeira etapa da SEI envolve o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, essencial para conectar novos conceitos às estruturas cognitivas existentes, conforme proposto por Ausubel (1968). Em seguida, são formuladas questões-problema desafiadoras, que estimulam a curiosidade e o raciocínio científico (Carvalho, 2018).

Na etapa de planejamento e execução de experimentos, os alunos são incentivados a desenvolver sua autonomia e pensamento crítico, conforme sugerido por Gómez e Adúriz-Bravo (2007), enquanto o professor atua como facilitador, ajustando o grau de liberdade conforme a experiência dos alunos. Durante a coleta e análise de dados, uma etapa crucial para o desenvolvimento de habilidades analíticas, os alunos confrontam suas hipóteses com os resultados obtidos, promovendo uma compreensão mais profunda (Solino, 2015).

Conforme Carvalho (2018), a discussão e sistematização dos resultados consolidam o conhecimento construído, destacando a importância da colaboração e argumentação científica. Por fim, a aplicação e transferência do conhecimento em novos contextos visa assegurar que os alunos internalizem os conceitos e sejam capazes de aplicá-los em diversas situações, alinhado com a perspectiva de Ausubel (1968).

2 A SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

A sequência de ensino por investigação (SEI) foi organizada em seis etapas: 1) Problematização; 2) Levantamento das concepções prévias dos estudantes; 3) Experimentação; 4) Coleta e análise dos dados; 5) Discussão e sistematização dos resultados e 6) Aplicação e transferência do conhecimento. O Quadro 1 apresenta a organização das atividades e das aulas em cada etapa.

Quadro 1 - Organização da SEI

Etapas da SEI	Atividades	Distribuição nas Aulas
Formulação de Questões-Problema	Questão problema “Porque devemos economizar energia?”	Aula 1: Início da aula, cerca de 20 minutos.
	Discussão sobre a relevância da questão e conexão com a vida cotidiana.	Aula 1: Restante do tempo para a formulação coletiva das questões.
Levantamento de Conhecimentos Prévios	Discussão aberta sobre o tema.	Aula 2: Início da sequência, aproximadamente 20-30 minutos.
	Utilizar a pergunta “O que é Energia?” para identificar ideias iniciais dos alunos.	Aula 2: Restante do tempo para organização das respostas.
	Escrever as respostas no quadro.	
Planejamento e Execução de Experimentos	Divisão dos alunos em 6 grupos.	Aulas 3 a 6: Inteiramente dedicadas ao planejamento e execução.
	Planejamento dos experimentos: definição de objetivos, escolha de materiais e elaboração de procedimentos baseados nos roteiros.	
	Coleta e registro de dados experimentais. Apresentação dos trabalhos para o restante da turma.	
Coleta e Análise de Dados	Organização dos dados em relatórios e responder a	Parte desenvolvida em casa.

	perguntas pertinentes sobre os experimentos fazendo pesquisas em casa.	
Discussão e Sistematização dos Resultados	Discussão dos resultados em grupo e formando um círculo com toda a turma.	Aula 7: Sistematização das descobertas e nova resposta pessoal sobre a questão-problema.
	Reflexão sobre a questão-problema inicial e consolidação do conhecimento.	Aula 7: Apresentações orais, cerca de 30 minutos.
Aplicação e Transferência do Conhecimento	Criação do mapa conceitual.	Aula 8: Inteira aula dedicada à aplicação e transferência.
	Conexão dos antigos conhecimentos aos novos.	
	Discussão sobre a relevância dos conceitos em situações cotidianas.	
	Reflexão sobre a nova forma de aprender Ciências.	

Fonte: autoria própria

2.1 ETAPA 1 - PROBLEMATIZAÇÃO

Esta etapa será aplicada nas aulas 1 e 2 (A1 e A2). A primeira será destinada a apresentação e discussão da questão-problema. Na segunda será feito o levantamento das concepções prévias dos estudantes acerca do tema. A seguir apresentamos o detalhamento dessas aulas.

A 1. Primeira Aula

Duração Estimada: 50 minutos

Objetivos:

Apresentar e discutir a questão-problema: Por que temos que economizar energia?

Desenvolvimento:

Nesta aula, a divisão ocorre em duas partes distintas: a problematização e a argumentação sobre a questão-problema.

Inicialmente, o/a professor/a deve informar aos alunos sobre a abordagem que será feita do tema Energia por meio do método de Ensino por Investigação.

Em seguida, deverá escrever duas frases no quadro: uma relacionada à conservação da matéria: "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma" (Princípio de Lavoisier); e outra relacionada à conservação da energia: "Energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada".

Peça aos estudantes que reflitam sobre essas duas afirmações e depois apresente a questão-problema: "Já que na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma e a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada, por que devemos economizar energia?"

É importante enfatizar o fato de que a energia não pode ser destruída enquanto os alunos argumentam, repetir as frases no quadro, mas sem fornecer respostas diretas, questionando os estudantes a partir de novas perguntas que possam surgir.

Após a discussão, pedir aos alunos que escrevam em uma folha suas respostas pessoais para a questão-problema.

A 2. Segunda Aula

Duração Estimada: 50 minutos

Objetivos:

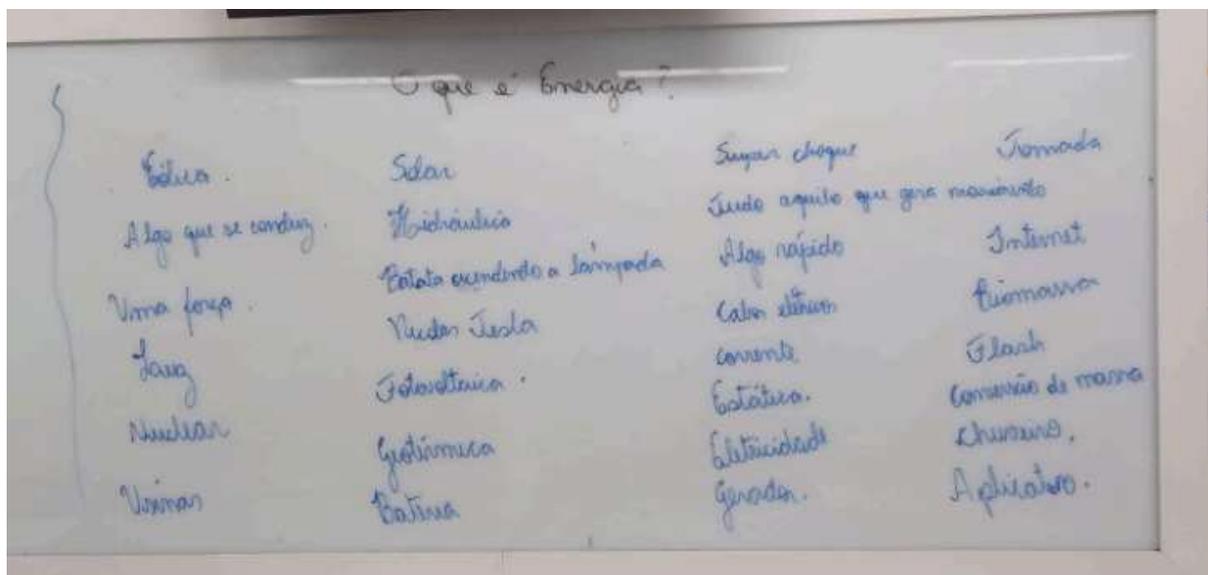
Levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conceito de Energia.

Desenvolvimento:

Esta aula é fundamental para os encontros subsequentes da sequência de ensino. Inicia-se perguntando "O que é energia?" O/A professor/a deverá registrar as respostas de todos os alunos no quadro, inicialmente sem organizar de forma estruturada, apenas enumerando as palavras que surgem envolvendo o tema energia.

Como objetivo é explorar os conhecimentos prévios dos alunos (conforme Ausubel, 1980), deve-se garantir que não haja repetições de palavras e possibilitar que todos os estudantes participem. A Figura 1 mostra um exemplo da organização inicial do quadro com as respostas.

Figura 1. Conhecimentos Prévios



Fonte: Próprio autor

Após a participação de todos os alunos, procure resumir o que foi discutido nas duas primeiras aulas, procurando organizar junto com os alunos as ideias que surgiram, sempre buscando identificar as principais concepções que eles apresentam a respeito do tema. No entanto, é importante frisar que em nenhum momento o/a professor/a poderá responder às questões ou inserir novos conhecimentos que não provenham dos alunos.

Ao término da primeira etapa, informar aos alunos que nas próximas aulas eles participarão de experiências práticas, utilizando materiais reciclados, que os ajudarão a desenvolver uma compreensão mais ampla sobre o tema.

2.2 ETAPA 2 - SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO (EXPERIMENTAÇÃO)

Nesta etapa os alunos irão construir os experimentos indicados no Apêndice A deste manual. Seguindo as orientações do ensino por investigação, sugerimos que o/a professor/a mantenha o grau de liberdade entre 2 e 3.

A3 e A4. Terceira e Quarta Aulas

Duração Estimada: 2 horas-aulas – 100 minutos

Objetivo:

Esta etapa da SEI visa o desenvolvimento das experimentações que irão prover a sistematização do conhecimento necessário para responder à questão problematizadora de forma contextualizada.

Também é objetivo desta etapa que os alunos tenham contato com o método científico, utilizando experimentos para levantar hipóteses e tentar responder a um questionamento.

Método:

Nesta etapa os alunos, organizados em grupos, irão montar três experimentos contextualizados e interdisciplinares que visam promover a compreensão dos processos de transformação de energia, conforme os roteiros do Apêndice A, deste manual. São eles:

- Experimento da queima do amendoim – o grupo deverá queimar um amendoim sob um recipiente com água de forma a perceber que o alimento (Energia na Biologia) transfere calor (Energia Térmica na Física ou Química) para a água. (<https://www.youtube.com/watch?v=g4tCrUohMsY>).
- Experimento da Usina Termelétrica – o grupo montará o protótipo de uma usina termelétrica, aquecendo a água (Energia Térmica na Química ou Física) e fazendo girar uma roda com pás de alumínio (Energia Cinética na Física) (<https://www.youtube.com/watch?v=5-tYfQ211Fc>).
- Experimento do carrinho movido a Vinagre e Bicarbonato de Sódio – o grupo montará um carrinho utilizando garrafas pets, papelão e CDs que será impulsionado por um combustível a base de uma reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio (Energia de reação na Química) fazendo com que o carrinho desloque (Energia Cinética na Física) (<https://www.youtube.com/watch?v=bjYD-W1etxQ>).

Desenvolvimento:

Inicialmente a turma deve ser dividida em 6 grupos diferentes para a realização dos três experimentos. Recomendamos que cada experimento seja realizado por dois grupos. A divisão não precisa ser proporcional. Os grupos responsáveis pela experiência da queima do

amendoim podem ter menos alunos. Essa distribuição vai depender do tamanho da turma e do nível de conhecimento e habilidades experimentais dos alunos.

Recomendamos que o material necessário para a realização dos experimentos (ver apêndice A) seja preparado previamente pelo/a professor/a e que esteja disponível sobre uma mesa. Dessa forma, os alunos podem se dirigir à mesa e pegar o que precisam para a realização de suas experiências. Pode-se também solicitar previamente que os alunos tragam o material que será utilizado.

Após a divisão dos grupos, os roteiros disponíveis no Apêndice A devem ser distribuídos para os líderes de cada grupo. Durante a montagem dos experimentos, cabe ao(a) professor/a monitorar e auxiliar os alunos quanto ao uso de materiais que possam representar riscos, como o uso de fogo, lâminas etc. No entanto, dentro do possível, é importante conceder liberdade aos alunos, destacando que mesmo que a experiência não seja bem-sucedida os resultados devem ser anotados e discutidos posteriormente. Além disso, essa liberdade deve permitir que os alunos possam modificar os roteiros para aprimorar os experimentos (Carvalho, 2018).

Caso os alunos não consigam concluir todos os experimentos no prazo estabelecido, deve-se recomendar que eles terminem o trabalho em casa, para que possam apresentá-lo nas próximas aulas.

2.3 ETAPA 3 - SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO (Parte 2 - aulas 5 e 6)

Nesta etapa os estudantes, organizados nos grupos, irão fazer a apresentação dos experimentos para a turma.

Duração Estimada: 2 horários – 100 minutos

Objetivo:

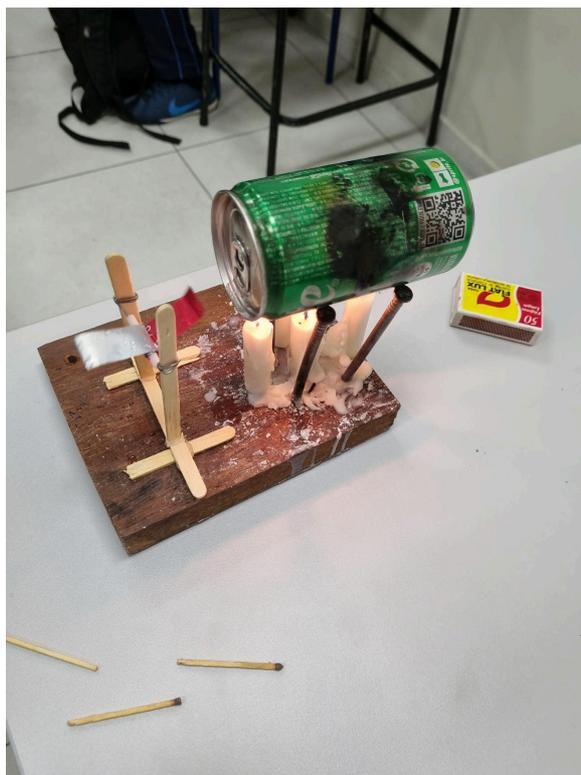
O objetivo da aula é fazer a apresentação dos experimentos produzidos nas aulas anteriores. É importante que os alunos tenham contato com a resolução de problemas científicos utilizando experimentação.

Desenvolvimento:

As apresentações devem iniciar com os questionamentos sobre os roteiros, com os grupos apresentando as mudanças realizadas para o funcionamento alcançarem os objetivos das experiências. Embora não haja a necessidade de modificar os roteiros, as mudanças indicam o comprometimento dos grupos em tentar fazer com que a experiência seja bem-sucedida, e por isso esta é uma ação que deve ser valorizada.

Cada grupo deve realizar a montagem da sua experiência e apresentá-las para toda a turma, apresentando também a interpretação dos fenômenos observados. Os alunos deverão observar cada experiência sem que o professor explique o que está ocorrendo. As figuras a seguir ilustram os três experimentos que devem ser elaborados pelos grupos.

Figura 3: Usina Termelétrica com Modificação na base de Isopor para Madeira



Fonte: Próprio Autor

Figura 4: Carrinho com Modificação no Chassi



Fonte: O próprio autor

Figura 5: Experimento do Amendoim mudando a base de isopor para cortiça.



Fonte: Próprio Autor

Ao final desta etapa, o professor deverá apresentar três perguntas relacionadas a cada uma das experiências realizadas pelos alunos, como tarefa para casa. A ideia é que eles compreendam que é necessário buscar conhecimentos de outras fontes para uma interpretação adequada dos experimentos para ajudar a formar suas próprias conclusões.

Sugestões de perguntas que podem ser feitas aos estudantes:

- Qual a relação do valor energético do amendoim com o aquecimento da água?
- Como é possível ver a transformação de Energia em uma Usina Termelétrica?
- Como é a transformação de Energia em um Carro Convencional?

2.4 ETAPA 4 - CONCLUSÃO - ELABORAÇÃO DO NOVO CONHECIMENTO (aulas 7 e 8)

Esta etapa será dividida em duas aulas. A primeira será destinada à uma avaliação quantitativa da evolução das concepções dos estudantes em relação à questão-problema. Já a segunda será destinada à organização do novo conhecimento.

A 7. Sétima Aula

Duração Estimada: 50 minutos

Objetivo:

O objetivo desta aula é avaliar qualitativamente as mudanças de concepções dos estudantes em relação à questão-problema e avaliar os novos argumentos adquiridos a partir da sequência de ensino por investigação (Carvalho, 2018).

Desenvolvimento:

Para esta aula sugerimos organizar os alunos em um círculo completo, com o professor ocupando uma parte da circunferência, sem protagonismo. O papel do professor é apenas organizar e mediar a troca de ideias.

O professor pode dar início à discussão, trazendo à tona as respostas sobre cada experimento, escolhendo pelo menos um integrante de cada grupo para falar sobre as três perguntas, que foram propostas como tarefa na aula anterior. Após as três perguntas terem sido respondidas pelos estudantes, o professor deverá retomar a questão-problema: "Já que na

natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma e a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada, por que devemos economizar energia?". Ele deve permitir que as respostas surjam primeiro através de discussão entre os alunos, sem fornecer nenhum tipo de feedback.

No final da aula, o professor deve solicitar que os alunos escrevam suas respostas de forma contextualizada com base nos experimentos e nas pesquisas que foram realizadas em casa. A ideia é que as respostas não sejam diretas, mas sim um misto de novos pensamentos baseados nas interpretações dos experimentos e nas pesquisas. Somente após os alunos registrarem suas respostas é que o professor irá dar o feedback, resumindo o conteúdo abordado nas experiências.

A 8. Oitava Aula

Duração Estimada: 50 minutos

Objetivo:

Esta aula tem como objetivo organizar os novos conhecimentos adquiridos nas aulas e que foram alocados a um antigo subsunçor. Para isso, sugerimos a construção de um mapa conceitual na intenção de demonstrar aos alunos as mudanças ocorridas em sua estrutura cognitiva. (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

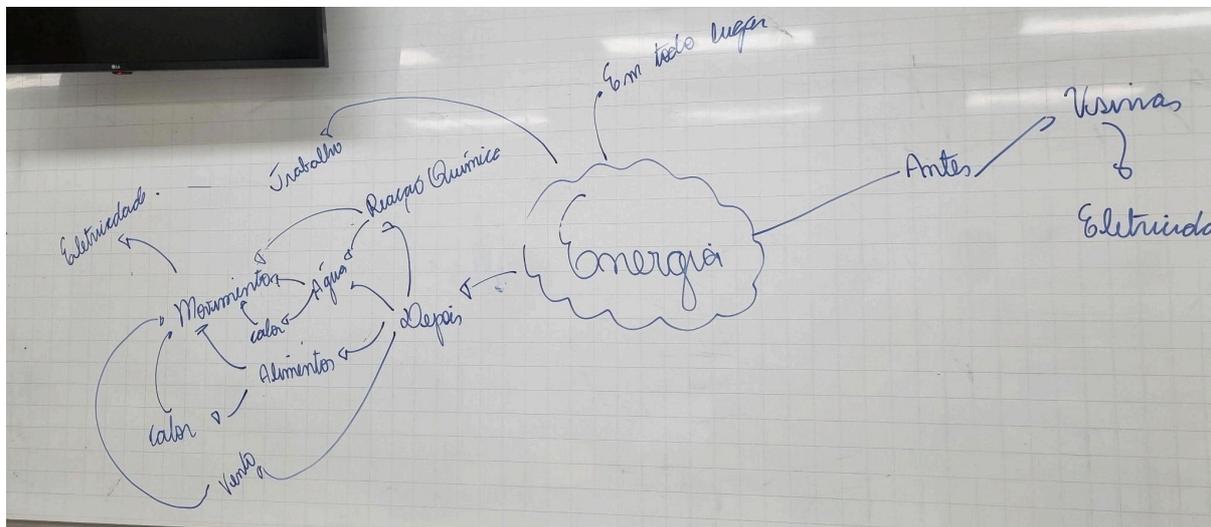
Desenvolvimento:

Orientamos que a sala seja organizada em semicírculo, de forma que os estudantes vejam uns aos outros, mas que também tenham a visão do quadro, onde o professor irá anotar as respostas dadas pelos alunos.

O professor deve iniciar perguntando: “O que é Energia?”. O mapa conceitual irá começar com a palavra Energia escrita ao centro. Na sequência o professor deve registrar em um dos lados as concepções que os estudantes possuíam sobre o tema Energia antes da sequência de aulas. Depois deve iniciar o registro das novas ideias, adquiridas no decorrer das atividades. Com isso terá do outro lado do quadro os novos conceitos adquiridos pelos estudantes (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980). Veja o exemplo da Figura 6.

Na parte final da aula o professor deve fazer um comentário geral sobre a sequência de ensino investigativo e resumir os conceitos adquiridos, visando a contextualização do tema “Energia” a partir dos novos conceitos adquiridos.

Figura 6: Formato do Mapa Conceitual Esperado



Fonte: Próprio Autor

3 ATIVIDADE EXTRA - O QUIZ KAHOOT

Apesar de não fazer parte da sequência de ensino por investigação (SEI), uma forma de encerrar as aulas de um modo mais leve e divertido é utilizar um quiz kahoot. Trata-se de uma plataforma de aprendizado baseada em jogos que permite a criação de quizzes interativos para contextos educacionais, empresariais e sociais. Especialmente popular em escolas, é usado por professores para criar questionários e jogos educacionais que engajam os alunos e avaliam seu entendimento sobre diversos tópicos.

A criação de quizzes no Kahoot inclui perguntas de múltipla escolha, verdadeiro ou falso, perguntas abertas e quebra-cabeças, podendo ser personalizadas com imagens e vídeos. Os quizzes são jogados em tempo real, com os participantes respondendo simultaneamente, e a pontuação é baseada na precisão e rapidez das respostas. O Kahoot gera relatórios detalhados sobre o desempenho dos jogadores, permitindo uma avaliação eficaz.

Os alunos acessam os quizzes em seus próprios dispositivos usando um código PIN, respondendo diretamente em seus dispositivos, o que torna o processo interativo e dinâmico. O feedback imediato após cada pergunta promove o aprendizado ativo. O Kahoot é usado para revisar conteúdos antes de provas, reforçar conceitos aprendidos e ajustar estratégias de ensino com base nos dados dos quizzes.

Os benefícios do Kahoot incluem maior engajamento dos alunos, aprendizado mais divertido e eficaz, feedback imediato e a possibilidade de participação inclusiva. Além disso, ajuda os professores a identificar áreas que precisam de mais suporte e ajustar suas estratégias de ensino.

Resumidamente, o Kahoot transforma o aprendizado em uma experiência interativa e divertida, promovendo o engajamento e a compreensão profunda dos tópicos abordados.

No Apêndice B deste manual apresentamos uma proposta de quiz com 16 perguntas sobre o tema “Energia”.

REFERÊNCIAS

- ABELL, S. K. **The Role of Inquiry in Science Teaching**. Springer, 2007.
- AUTH, T.; ANGOTTI, R. **Ensino de Ciências: Novas Perspectivas**. Editora ABC, 2005.
- AUSUBEL, D. P. **The Assimilation of Knowledge**. Educational Publishers, 1980.
- AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- CARVALHO, A. **Ensino de Ciências: Teorias e Práticas**. Editora XYZ, 2018.
- FEYNMAN, R. P. **The Feynman Lectures on Physics**. Addison-Wesley, 1967.
- GÓMEZ, J.; ADÚRIZ-BRAVO, A. **Teaching Science as a Profession**. Educational Science Publishing, 2007.
- MOREIRA, M. A. **Ensino de Ciências e Desenvolvimento Cognitivo**. Editora ABC, 2011.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn**. Cambridge University Press, 1984.
- PÉREZ-LANDEZÁBAL, A.; et al. **A Metodologia da Pesquisa em Ensino de Ciências**. Editora XYZ, 1995.
- SOLBES, J.; TARÍN, M. **O Ensino das Ciências: Novas Perspectivas e Desafios**. Editora XYZ, 1998.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn**. Cambridge University Press, 1984.

APÊNDICE A1 - ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS

Neste apêndice apresentamos os roteiros dos três experimentos sugeridos para realização da SEI.

EXPERIMENTO DO AMENDOIM

- 1 amendoim
- 1 tira de isopor ou uma cortiça
- 1 alfinete ou clips
- 1 palito de churrasco
- 1 caixa de fósforos
- 1 termômetro
- 1 caixa de leite
- 1 lata de refrigerante

Montagem do Experimento:

Base:

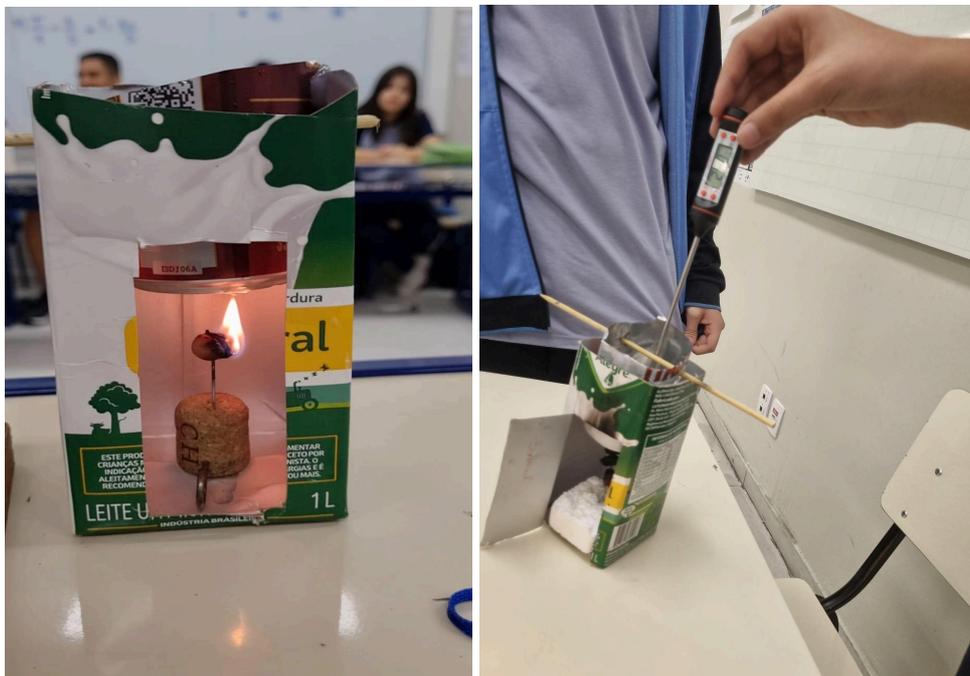
- Pegue a caixa de leite e faça uma abertura em sua base de aproximadamente 10cm de altura, com 5 cm de largura.



- Fazer dois furos (opostos) na parede da lata de refrigerante e na caixinha para colocar o palito de churrasco;

Executando a Experiência:

- Com um palito de fósforo aceso, queime o amendoim dentro do calorímetro, segure o palito de churrasco em uma das pontas e deixe o termômetro dentro da latinha com água;



- Observe a mudança de temperatura até o fogo do amendoim cessar.

EXPERIMENTO DA USINA TERMELÉTRICA

Materiais:

- Base de Isopor ou de Madeira
- 4 pregos
- Latinha com um furo pequeno
- Seringa
- Latinha Vazia
- Arame Fino
- Palitos de picolé (Opcional).
- Canudo
- Velas
- Fósforos

Ventoinha

- Cortar a Latinha vazia em tiras de 5cm
- Cortar o canudo com 3 cm
- Colar as tiras no canudo dobrando levemente a ponta para o mesmo lado, ou somente passar o canudo no centro das tiras.



Base:

- Fure a parte de trás do isopor ou madeira com os 4 pregos.



- Passe o arame por dentro da ventoinha.



- Na parte da frente fure o arame no isopor já com a ventoinha, caso opte em fazer com os palitos de picolé utilize 5 palitos para fazer a base conforme a imagem.

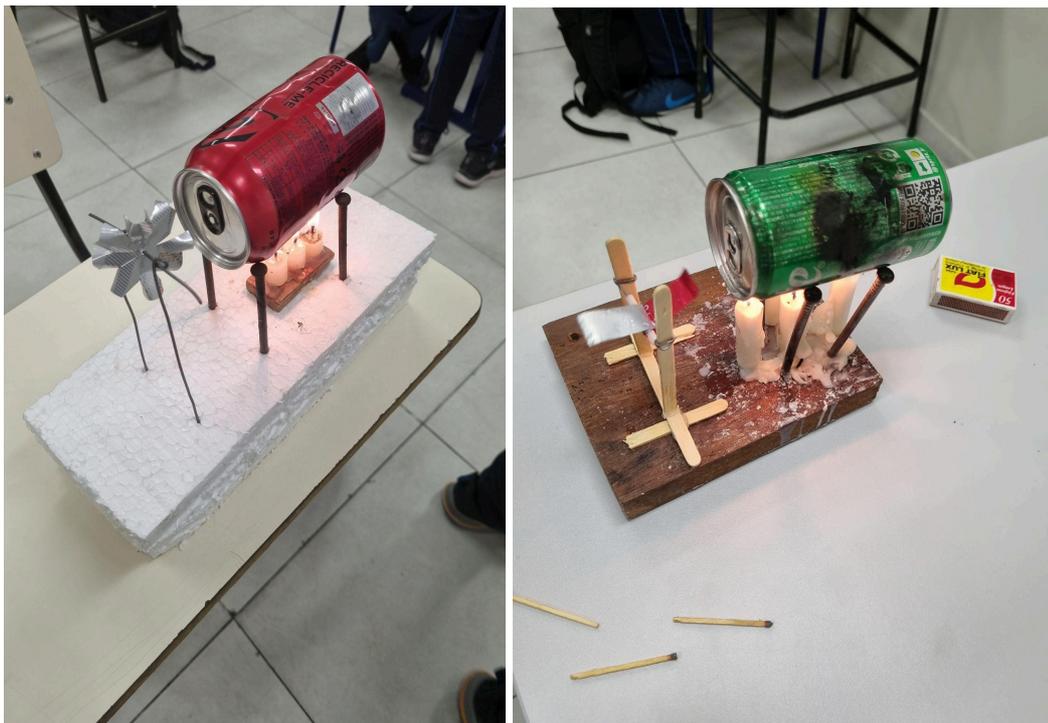


Executando a Experiência :

- Com a seringa coloque 50ml de água na latinha com o furo pequeno.



- Posicione a Ventoinha na direção do Furo da Latinha, acenda uma vela e coloque a cera entre os pregos e cole 3 velas, caso queira pode fazer uma base para as velas ou colá-las com cola quente. Depois acenda as demais velas.



- Agora só aguardar e anotar o que está acontecendo.

EXPERIMENTO DO CARRINHO

Materiais:

- 4 CDs
- 8 Tampinhas de Garrafa
- 3 Canudos
- 2 Elásticos
- 1 Garrafa PET (500 a 600ml)
- 2 Palitos de Churrasco
- 2 Papelões 11 X 18 cm
- Bicarbonato de Sódio
- Vinagre
- Papel Higiênico

Chassi:

- Corte no centro de um dos papelões um retângulo de 9 X 6 cm, deixando um lado de dimensão menor sem cortar. Nesse lado de dimensão menor dobre o restante do retângulo para trás formando um triângulo e cole com cola quente. Cole os papelões um sobre o outro usando cola quente ou cola de isopor e passe dois elásticos por ele. Lembrando que o papelão da base da Garrafa ficará por cima.



- Cole um canudo em cada ponta da parte inferior do Chassi com cola quente e corte o excesso do canudo que passar pelo chassi.



Eixo e Rodas:

- Fure as Tampinhas centralizadas. (O professor vai ajudar usando um prego com a ponta quente). Cole uma tampinha de cada lado dos CDs com cola quente.



- Passe o palito de churrasco por um dos CDs e pelo canudo que está no Chassi e do outro lado pelo outro CD. Cole com cola quente os a parte exterior da roda.



DICA: Não cole o lado interior e nem deixe a roda muito próxima no Chassi (2 cm de distância). Corte o Excesso do palito de churrasco com um Alicate.

Tanque de Combustível

- Fure a tampa da garrafa com a ajuda do professor e passe um canudo por ela.



- Encha $\frac{3}{4}$ a garrafa com 2 partes de Vinagre e 1 de água. Coloque o Bicarbonato enrolado em um papel higiênico.



Executando a Experiência:

- Coloque a Garrafinha aberta com o carrinho em pé e passe o elástico por ela. Coloque o Papel higiênico na boca da garrafa. Uma pessoa tampa a ponta de fora do canudo, empurra o papel higiênico e fecha imediatamente a garrafa sem destampar a ponta do canudo.



- Quando o carrinho estiver no chão destampe o canudo.



- Agora aguarde e anote o que está acontecendo.

APÊNDICE B - QUESTÕES PARA ELABORAÇÃO DO QUIZ

Quiz Kahoot com perguntas sobre Energia.

Para obter uma análise quantitativa do aprendizado dos alunos, utilizei um recurso muito empregado na sala de aula, o quiz Kahoot.

Ele é feito em um site onde os alunos podem responder as perguntas pelo celular. As perguntas aparecem na tela projetada pelo computador e o aluno escolhe a cor que acredita ser a resposta correta.

Nesse caso eu organizei um quiz com 13 perguntas entre os conhecimentos que os alunos adquiriram nas experiências e nas discussões sobre as transformações de Energia no mundo. Todas as perguntas foram de múltipla escolha com 4 opções de resposta certa.

As perguntas utilizadas na atividade foram:

1 Na natureza nada se perde nada se cria tudo se _____

2 Não é considerada uma fonte limpa de Energia

3 As calorias contidas nos rótulos dos alimentos são:

4 Uma Usina Termelétrica transforma

5 Devemos economizar energia pois:

6 No carrinho de bicabornato e vinagre a Energia:

7 Qual Usina causa Poluição?

8 A Usina que utiliza o vento como fonte Energia Mecânica é:

9 É considerada uma fonte de Energia Limpa

10 A Usina que utiliza Efeito Fotoelétrico para seu funcionamento é a:

11 A Usina que utiliza a fissão do Núcleo de Urânio para gerar Energia é a:

12 A Energia só não pode se transformar em:

13 Qual Usina não utiliza Energia Térmica para transformar em Energia Mecânica?

No Kahoot é possível retirar um relatório com os resultados por pergunta e por participante, desse modo temos os seguintes resultados por perguntas.

Perguntas (13)

	Pergunta	Digitar	Respostas corretas
1	Na natureza nada se perde nada se c...	Quiz	100%
2	Não é considerada uma fonte limpa ...	Quiz	92%
3	As calorias contidas nos rótulos dos a...	Quiz	92%
4	Uma Usina Termelétrica transforma	Quiz	58%
5	Devemos economizar energia pois:	Quiz	67%
6	No carrinho de bicabornato e vinagre...	Quiz	83%
7	Qual Usina causa Poluição?	Quiz	71%
8	A Usina que utiliza o vento como font...	Quiz	100%
9	É considerada uma fonte de Energia ...	Quiz	100%
10	A Usina que utiliza Efeito Fotoelétrico...	Quiz	46%
11	A Usina que utiliza a fissão do Núcleo...	Quiz	100%
12	A Energia só não pode se transforma...	Quiz	96%
13	Qual Usina não utiliza Energia Térmic...	Quiz	88%

Dessa tabela, podemos retirar os valores gerais da turma em relação às perguntas. Fazendo a média dos valores obtivemos 76,38% de acerto total. Se deixarmos somente as perguntas com relação a transformação de energia (retirando as perguntas nº2, 7, 9, 10) esse valor vai para 87,11% de acerto.

Para visualização do desempenho individual apresentamos a seguir o modelo de tabela que utilizamos com os resultados. Lembrando que os alunos utilizaram apelidos no momento da realização da atividade e que algo que conta para a pontuação total é o tempo gasto para responder a pergunta, por esse motivo, o aluno que acertou todas não necessariamente deveria estar em primeiro lugar.

Apelido	Classificação	Respostas corretas	Não respondido	Pontuação final
Bellatrix	1	92%	0	11202
Asuka La...	2	92%	0	11104
Manoel	3	92%	0	11035
Ju	4	92%	0	10400
Ray	5	84%	0	10235
Juan e pe...	6	84%	0	10128
Aninha	7	92%	0	10088
Cr7	8	100%	0	9959
A Zé da ...	9	84%	0	9935
Elma	10	84%	1	9912
Caio	11	84%	0	9742
Julinha	12	76%	0	9087
Zé Peque...	13	84%	0	9058
Pichulinha	14	76%	0	8872
Naomi 🦋	15	76%	0	8622
John	16	84%	0	8457