

Uma aula sobre conversão de energia utilizando bicicleta, motor, alternador e lâmpada

A class about energy conversion using a bicycle, engine, alternator and bulb

Cristiene Chaves Borges¹, Adriana Gomes Dickman^{*2}, Lev Vertchenko²

¹Licenciatura em Física, Instituto de Ciências Exatas e Informática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

²Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Recebido em 03 de Julho, 2017. Revisado em 22 de Setembro, 2017. Aceito em 17 de Outubro, 2017.

Neste trabalho é apresentada uma proposta de ensino sobre conversão de energia, por meio da análise do funcionamento de um sistema constituído por uma roda de bicicleta acoplada à um alternador e farol, acionado por um motor. Este experimento proporciona uma oportunidade para discutir conversões de energia, explicitando os tipos de energia envolvidos no processo, a necessidade de alimentação do sistema e a eficiência no aproveitamento da energia. A proposta foi aplicada a uma turma do ensino médio, em que os alunos participaram de uma aula expositiva sobre energia juntamente com a demonstração do experimento. A análise dos dados coletados, por meio de questionários pré- e pós-teste, mostra que houve uma melhora no entendimento dos alunos em relação aos processos de conversão e dissipação de energia.

Palavras-chave: Ensino de física, Energia, Experimentação, Ensino médio.

In this work we present a teaching proposal about energy conversion, through the analysis of a system consisting of a bicycle wheel connected to an alternator and a headlight, activated by an engine. This experiment provides an opportunity to discuss energy conversion, explaining the types of energy involved in the process, the need to power the system, and efficiency in energy use. The proposal was realized in a high school class, in which the students participated in a lecture about energy along with a demonstration of the experiment. The analysis of the data, collected via questionnaires before and after the class, indicates an improvement in the students' understanding regarding energy conversion and dissipation processes.

Keywords: Physics education, Energy, Experimentation, High School.

1. Introdução

Energia é socialmente importante, pois a nossa vida depende basicamente de sua produção e do seu consumo. Portanto, o bom entendimento do significado e das características fundamentais do conceito de energia deveria fazer parte da formação geral de todo cidadão [1][2][3]. Doménech *et al* [3] discutem em seu trabalho a crescente importância de se estudar energia, e citam o aumento de investigações relacionadas ao ensino do tema devido às dificuldades de aprendizagem relatadas em vários estudos. Em particular, os autores sugerem que o ensino do conceito de energia seria muito melhor se fosse observado que “A compreensão significativa dos conceitos exige a superação do reducionismo conceitual e a apresentação do ensino de ciências como uma atividade próxima a investigação científica, que integre os aspectos conceituais, procedimentais e axiológicos. [3, p. 289]

De acordo com Solbes e Tarin [4], uma das principais dificuldades no processo de ensino e aprendizagem do

conceito de energia são as interpretações dos estudantes, frequentemente baseadas em concepções do senso comum. Alguns associam energia apenas com movimento ou combustíveis, não havendo, portanto, distinção entre formas ou fontes de energia. Outros consideram energia como uma substância material que “pode ser gasta” ou que “pode armazenar energia”. Essas associações advêm, principalmente, do uso do termo energia no cotidiano, com um significado diferente do termo energia utilizado no domínio científico [2][4].

De acordo com Barbosa e Borges (2006, p.3) [5] o conceito de energia é considerado um dos mais difíceis de ser ensinado, entre outras razões, por requerer um alto nível de abstração dos alunos, que muitas vezes o confundem com força, movimento ou potência. Ao se abordar o tema energia em sala de aula, a discussão frequentemente se concentra no princípio da conservação e em exemplos que, na maioria das vezes, são voltados para a energia mecânica.

Observa-se que a dissipação da energia, processo presente em todos os fenômenos do dia a dia, é praticamente

*Endereço de correspondência: adrianadickman@gmail.com.

ignorada. Solbes e Tarin (1998) [6] analisaram o conceito de energia nos livros didáticos espanhóis, e constataram que 90% dos livros investigados trabalham com o princípio de conservação de energia, aproximadamente 37% mencionam processos de transformação de energia, 30% discutem situações envolvendo transferência de energia, enquanto que apenas 7% discutem a dissipação da energia [6]. Uma análise da prática dos professores mostra um resultado semelhante ao dos livros didáticos [4].

Acreditamos na importância do aprendizado do conceito de energia como um conceito unificador, e enfatizamos o princípio de conservação da energia, como um princípio universal em toda a física, pois não abrange somente a Mecânica, mas também a Termodinâmica, fenômenos ondulatórios, Eletromagnetismo e Física moderna [3]. Infelizmente este conceito é, em geral, introduzido no ensino de física de uma forma muito abstrata sem levar em consideração a sua abrangência e complexidade. Concordamos que para facilitar o aprendizado deste conceito, o estudante necessita de uma boa compreensão dos processos de transformação de energia e sua relação com fenômenos do cotidiano [2][4].

Neste contexto, reforçamos a importância da experimentação no ensino como atividade essencial para a construção do conhecimento. Consideramos que a prática experimental pode contribuir para o aprendizado dos conceitos físicos abordados, principalmente quando são abordadas situações típicas encontradas no cotidiano, tornando os conceitos estudados mais concretos, despertando a criatividade dos alunos. Portanto, aulas que incluem atividades práticas ficam mais motivadoras e dinâmicas, estimulando uma participação ativa dos alunos [7][8]. Nas palavras de Filho, Salami e Costa [9]:

A experimentação tem papel fundamental na educação científica porque as imagens da realidade construídas a partir da manipulação de materiais concretos alimentam a memória e a elaboração da linguagem. E justamente a linguagem tem uma relação profunda com a construção de modelos capazes de guiar o estudante na busca de mais e mais respostas para as questões que ele vai descobrindo ao longo da vivência experimental. [9, p.9].

Alguns trabalhos mostram que atividades experimentais podem enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Cançado *et al.* (2007) [10], no seu trabalho, propõem o uso de recursos didáticos como experiências, demonstrações, vídeos e simulações de computador, para melhorar o processo ensino/aprendizagem de conteúdos abstratos. A visualização e a interação dos estudantes com modelos ou analogias palpáveis ajudam a desenvolver o pensamento abstrato e auxiliam na assimilação dos conceitos, resultando em uma base mais sólida para o entendimento dos fenômenos estudados, além do aumento do interesse dos estudantes.

A proposta deste trabalho consiste em utilizar uma demonstração experimental a fim de facilitar a aprendizagem do conceito por meio da observação dos fenômenos de conversão e dissipação de energia. Para tal, abordamos o funcionamento de um sistema constituído por um farol, ligado a um alternador, que por sua vez está conectado a uma roda de bicicleta acionada por um motor. Desta maneira, justificamos nossa escolha pela familiaridade de muitos adolescentes com o fato de que é possível gerar energia luminosa ao pedalar uma bicicleta acoplada a um dínamo e pela falta de hábito dos estudantes em análises de sistemas ou processos, que pode afetar a compreensão e uso do conceito de energia para explicar fenômenos [5, p.4].

A análise do funcionamento deste aparato cria uma oportunidade para discutir as conversões de energia que ocorrem em cada parte, explicitando os tipos de energia envolvidos, a dissipação e a necessidade de alimentação do sistema. Com essa experiência esperamos que seja possível desenvolver nos alunos algumas habilidades e competências, como por exemplo, saber explicar como a energia é conservada, como pode ser transferida e dissipada, reduzindo a energia disponível e, talvez, compreender o significado de eficiência energética e a necessidade de se poupar energia [1].

Nas próximas seções apresentamos a metodologia usada para a aplicação da proposta, a análise dos resultados, e finalmente as considerações finais.

2. Metodologia

A atividade experimental foi aplicada a estudantes do ensino médio, de acordo com as seguintes etapas: Aplicação de um questionário pré-teste; Apresentação do experimento aos alunos, explicando a montagem e os resultados obtidos; Aplicação de um questionário pós-teste. A seguir detalhamos cada etapa do processo.

2.1. Elaboração dos questionários

Foi elaborado um questionário pré-teste, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios, adquiridos em sala de aula ou pelo senso comum, dos alunos acerca do conteúdo que seria abordado. As questões, mostradas no quadro 1, exploram como os alunos conceituam energia, se sabem citar fontes de energia, explicando sua origem, o que entendem pelos processos de conversão e dissipação de energia. Na última questão, pedimos para eles comentarem como são as aulas de física, particularmente sobre o tema Trabalho e Energia.

A questão Q1 foi formulada tendo como base a existência de concepções alternativas universais sobre energia indicada na literatura [2][11], considerando que, de acordo com Duit (1984) [2], “a habilidade de dar exemplos é vista atualmente como um indicador importante para o aprendizado de conceito¹”. As questões Q2, Q3 e Q4

¹ Tradução dos autores.

Quadro 1: Questionário pré-teste aplicado aos alunos

- Q1. Desenhe ou explique: O que você entende por energia? Dê exemplos.
- Q2. Como são produzidos os diferentes tipos de energia existentes?
- Q3. O que você entende por conversão de energia? Dê exemplos.
- Q4. O que você entende por dissipação de energia? Dê exemplos.
- Q5. Comente sobre as suas aulas de física, principalmente sobre Trabalho e Energia.

Fonte: Elaborado pelos autores

se justificam na sugestão de Duit (1983, *apud* [11]) de que “estudantes devem explicar o fenômeno físico com suas próprias palavras²”. Neste caso, nos concentramos nos conceitos que seriam trabalhados no experimento sobre processos de conversão e dissipação de energia. Na questão Q5 gostaríamos de identificar se os alunos já tiveram ou têm aulas demonstrativas, e se discutiram formalmente em sala de aula os conceitos que serão introduzidos na aula proposta.

No questionário pós-teste, a finalidade é averiguar se o conhecimento prévio, identificado anteriormente, foi influenciado pela apresentação experimental. As questões Q1, Q2 e Q3, mostradas no quadro 2, abordam as mesmas questões anteriores sobre energia, conversão e dissipação, estas últimas relacionadas aos processos vistos no experimento. Além disso, na questão Q4 buscamos verificar se os alunos seriam capazes de visualizar uma situação de moto perpétuo, explorada no contexto de conservação e dissipação de energia [2], e na questão Q5, gostaríamos de identificar qual a opinião dos alunos sobre uma aula com demonstração.

Quadro 2: Questionário pós-teste aplicado aos alunos

- Q1. Responda novamente: O que você entende por energia? Dê exemplos.
- Q2. Quais tipos de conversão de energia você constatou no experimento?
- Q3. Quais tipos de dissipação de energia você constatou no experimento?
- Q4. Descreva o que aconteceria se não houvesse dissipação de energia no experimento apresentado. Você poderia prever uma consequência tecnológica se fosse possível, no experimento, restituir integralmente a energia elétrica usada para alimentar a bicicleta?
- Q5. Comente sobre a experiência de aprender física a partir de demonstrações.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.2. População pesquisada

A proposta foi aplicada a uma turma de 31 alunos, na faixa etária de 15 e 16 anos, do primeiro ano do Ensino Médio, do turno matutino de um colégio localizado no município de Ribeirão das Neves (MG). Os alunos são identificados pela letra A seguida do número usado na lista de presença na sala de aula (A_1 a A_{33}), sendo que dois alunos não participaram da atividade, por não estarem presentes.

2.3. Aula demonstrativa

Após uma breve apresentação do objetivo da proposta em sala de aula, e aplicação do questionário pré-teste, os 31 alunos foram levados ao laboratório da escola, onde se encontrava o experimento previamente montado. Foram utilizadas duas aulas de 50 minutos para todo o processo.

O experimento, mostrado na Figura 1, é constituído de uma bicicleta, sem a roda dianteira e o guidão, ligada a um motor de tanquinho lavete por meio de correias e polias, ambos presos em uma plataforma de madeira. O motor impulsiona a roda da bicicleta, que ao girar transmite energia para o alternador, que por sua vez, gera energia para acender a lâmpada. Uma discussão detalhada sobre a montagem e as medidas coletadas pode ser encontrada em Santos et al. (2007) [12].

Os alunos assistiram a uma aula demonstrativa sobre os temas Trabalho e Energia. Enquanto eles observavam o experimento funcionando, os fenômenos que ali aconteciam foram explicados e relacionados à teoria. Os alunos fizeram muitas perguntas, tanto em relação ao experimento quanto à teoria, as quais foram respondidas no decorrer da demonstração. Após a explicação, e durante a resolução do questionário pós-teste, os próprios alunos colocavam o experimento para funcionar para visualizar os fenômenos novamente.

3. Resultados e Discussão

As respostas dos alunos aos questionários pré- e pós-teste foram categorizadas e analisadas de acordo com a análise



Figura 1: Montagem experimental utilizada. Fonte: Foto dos autores.

² Tradução dos autores.

de conteúdo, que na perspectiva de Bardin (2011, p.48) [13] é

um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens.

É importante ressaltar que em várias questões as respostas foram enquadradas em mais de uma categoria.

3.1. Pré-teste: Questionário aplicado antes da demonstração do experimento

Para responder à primeira questão, entendemos que não é possível definir energia em termos concretos de tamanho, formato ou massa, pelo contrário, é algo abstrato que descreve o estado dinâmico de um sistema [14]. Assim, em uma primeira aproximação, podemos associar energia à capacidade de produzir transformações nas configurações dos sistemas, que podem ser associadas a variações de energia em partes destes sistemas ou no sistema como um todo [3, p.294]. É importante ressaltar, entretanto, que esta definição de energia também tem suas limitações, pois a ideia de considerar energia como a causa de fenômenos não é mais utilizada, aliada ao fato de a possibilidade do processo ocorrer estar ligado ao aumento de entropia [2][3, p.293]. Assim, consideramos como resposta esperada qualquer afirmação dos estudantes que implicasse em energia como a “capacidade de produzir transformações” ou “o potencial inato para executar trabalho ou realizar uma ação”. Nenhum aluno elaborou uma resposta neste sentido.

Na Tabela 1 mostramos a categorização feita com as respostas dos alunos à primeira pergunta. 54,8% dos alunos responderam à questão exemplificando vários tipos de energia, como o aluno A₉ que enumera tipos de energia e suas funções, relacionadas ao seu papel no cotidiano, entretanto, não define o termo “energia”. O tipo de energia mais citado pelos alunos foi a energia elétrica, com oito citações; seguida pela energia solar, com seis citações, enquanto que a energia nuclear, eólica e mecânica foram citadas uma vez cada.

38,7% associaram energia com lâmpada/luz, também por meio de desenhos ou descrições; 35,5% das respostas foram classificadas como postes/torres de transmissão, em que os alunos apenas desenharam ou descreveram o caminho da energia elétrica até a residência, como pode ser visto na figura 3. Vários alunos citaram fonte de energia (35,5%) através de desenhos do Sol ou baterias, ou afirmando que a água é uma fonte de energia. 22,6% desenharam casas com postes ou mencionaram “Casa com energia”, sendo enquadrados na categoria casa com energia; 22,6% associam energia com

eletrodomésticos, por meio de frases ou desenhos de TV, micro-ondas, rádio; 16,1% das respostas foram categorizadas como funcionamento de aparelhos, em que os alunos afirmaram que energia serve para fazer as coisas funcionarem ou alimentar aparelhos. 9,7% dos alunos afirmaram que o corpo humano é energia; 6,5% afirmaram que energia está em tudo; 6,5% usam a palavra força para explicar energia, como em “força para andar, falar...” ou para os aparelhos funcionarem; e 6,5% entendem energia como movimento. Um aluno (3,2%) associou energia com causa e efeito, exemplificado no fato de a luz acender quando se abre a porta da geladeira. Apenas um aluno (3,2%) afirmou que não sabia responder. Exemplos das respostas que foram utilizadas para a definição das categorias são mostrados na Tabela 1.

Essas respostas podem ser divididas em: 32,3% com apenas desenhos, como mostrado na Figura 2; 35,5% com desenhos e palavras, como mostrado na Figura 3; e o restante com descrições apenas. Assim, vemos que a maioria das respostas incluíram desenhos. Em particular, na Figura 3, vemos que o aluno A₁₃ mostra contextos distintos que envolvem energia, tais como: a energia elétrica necessária para a lâmpada funcionar (enquadrada nas categorias funcionamento de aparelhos; lâmpada/luz;); a energia solar que vem do sol (como tipos de energia e fonte de energia); e o poste de luz como meio de transmissão para energia elétrica (categoria postes/torres de transmissão).

Entretanto, notamos nas respostas uma confusão ao definir energia como fontes de energia (Sol, baterias, geradores), dispositivos que convertem energia elétrica em energia luminosa (lâmpadas), dispositivos que auxiliam na transmissão de energia (postes), e aparelhos domésticos ou o corpo humano que utilizam energia para funcionar.

Para a questão 2, sobre como são produzidas as diferentes formas de energia, esperávamos que o aluno citasse vários tipos de energia, associando-os com sua origem ou indicando o processo de sua produção. Por exemplo, citando usinas hidrelétricas (ou termoeletricas), que através da utilização da energia potencial da água (ou proveniente da queima do carvão) para girar uma turbina em um campo magnético produzem energia elétrica; a energia nuclear, produzida a partir da fissão do núcleo atômico;

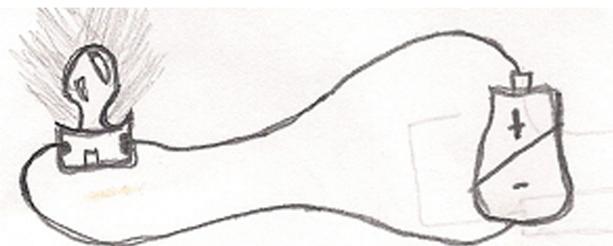


Figura 2: Desenho feito pelo aluno A₂₇ sobre energia e exemplos. Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 1: Categorias, frequência e exemplo de respostas sobre energia (Q1)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Tipos de energia	54,8	“Eu sei que existe energia nuclear, elétrica, solar e energia eólica, a nuclear não sei para que serve, a solar serve para aquecer a água, e para outras coisas, a energia elétrica serve para fornecer luz elétrica, ou seja é um tipo de energia artificial, serve também para aquecer água encanada, serve para usar aparelhos eletrônicos e etc.” (A9)
Lâmpada/luz	38,7	Desenhos: Lâmpadas (A19); Figuras 2 e 3. “A energia está presente em quase tudo, nos eletrodomésticos, na luz, no Sol.” (A5)
Postes/torres de transmissão	35,5	Desenhos e palavras: Figura 3 “As torres, os postes” (A31); “A energia vem originalmente do gerador e passa por fios de eletricidade para chegar em nossas casas” (A12)
Fonte de energia	35,5	“Água é uma grande fonte de energia”. (A21) Desenhos: Sol, bateria, gerador. Figura 2
Casa com energia	22,6	Desenhos: Casas ligadas com postes de luz. (A7) “Casa com energia” (A31)
Eletrodomésticos	22,6	“A energia está presente em quase tudo, nos eletrodomésticos, na luz, no Sol.” (A5)
Funcionamento de aparelhos	16,1	“[...] serve para usar aparelhos eletrônicos e etc.” (A9);
Corpo humano	9,7	“Energia e luz da sua casa, e o seu carro funcionando, o poste de luz, energia é tudo que é rede, e também do corpo humano [...]” (A1)
Tudo tem energia	6,5	“A energia para mim está em tudo e em todos, nos eletrodomésticos, nos seres humanos, mas cada um com um tipo de energia diferente”. (A2)
Força	6,5	“[...] e a força que temos de pensar, andar, falar, etc.” (A1) ou “É o que dá força para as coisas funcionarem [...]”. (A29)
Movimento	6,5	“Exemplo, o movimento: ao se movimentar você consome energia.” (A33) ou Desenho de um ônibus em movimento. (A33)
Causa e efeito	3,2	“Quando abrimos a geladeira e ela liga a luz”. (A25)
Não sei	3,2	“Não sei explicar”. (A18)

Fonte: Dados da pesquisa

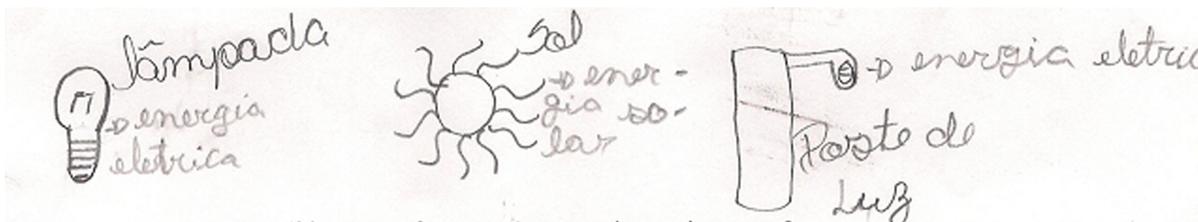


Figura 3: Desenho misto com palavras feito pelo aluno A13 sobre energia e exemplos. Fonte: Dados da pesquisa.

a energia solar, produzida por meio de reações nucleares no Sol; energia eólica em que o vento ao girar as hélices dos aerogeradores produz energia elétrica. Nenhum aluno apresentou uma resposta completa, mas muitos citaram fontes de energia, como água, vento, hidrelétricas, sem especificar detalhes do processo de produção.

As categorias criadas para classificar as respostas dadas são: Fontes de energia; Experiências ou estudos; Outras; e Não sabe. A maioria dos alunos (38,7%) citaram fontes de energia, associando-as com sua origem, sem especificar o processo de produção. Cerca de 25,8% das respostas citam de uma maneira geral que a energia vem de experiências científicas, estudos ou processos, talvez referindo-se às descobertas científicas que deram origem à produção de energia. Uma porcentagem expressiva das respostas (35,5%) foi enquadrada nas categorias: outras, com afirmações sem sentido ou vagas, e não sabe. Exemplos das respostas são mostrados na Tabela 2.

Na questão 3 esperávamos que os alunos mostrassem uma compreensão do termo conversão de energia, citando

exemplos de utilização de energia elétrica, química, eólica, nuclear, etc, para gerar energia luminosa, sonora, elétrica, movimento, etc. Neste contexto, os alunos poderiam citar exemplos mais concretos de conversão de energia, como a gasolina que ao sofrer a combustão faz o automóvel andar; ou a energia elétrica que faz a lâmpada acender.

29,0% das respostas refletiram esta expectativa, sendo classificadas como transformação de energia, em que os alunos explicaram o termo conversão e citaram exemplos, como pode ser visto na Tabela 3.

Na categoria transmissão de energia, 16,1% dos alunos mostraram ter um entendimento parcial do processo de conversão de energia, ao citarem que os equipamentos domésticos utilizam energia para funcionar. As categorias restantes, criação de energia; não sabe; ligação elétrica; surge da água; outras; e branco, mostram que a maioria dos alunos (aproximadamente 55%) não sabem explicar ou citar exemplos de conversão de energia. Em particular, na categoria outras, o aluno A15 confundiu os termos transformação e evolução nos tipos de energia utilizados.

Tabela 2: Categorias, frequência e natureza das respostas sobre como são produzidas as diferentes formas de energia (Q2)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Fontes de energia	38,7	“A energia elétrica vem da água, vento, ou do carvão. A energia do nosso corpo é diferente, ela vem dos alimentos ou de outras composições.” (A ₂₅)
Experiências/estudos	25,8	“Através dos processos físicos”. (A ₆)
Outras	22,6	“Surtem da conversão” (A ₁₃); “Necessidade de ter duas energias que podem se atrair e serem usadas juntas” (A ₂₆)
Não sabe	12,9	“Não sei”. (A ₃₂)

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3: Categorias, frequência e natureza das respostas sobre conversão de energia (Q3)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Transformação de energia	29,0	“É quando se converte um tipo de energia em outro: exemplo, elétrica em térmica, etc” (A ₂)
Outras	19,4	“Transfusão de energia.” (A ₂₄); “Antigamente não tinha energia elétrica usavam lamparinas e hoje usamos a energia elétrica houve uma transformação de energia” (A ₁₅),
Transmissão de energia	16,1	“É quando passa a energia para as casas, e possa utilizar equipamentos que usam energia.” (A ₂₉).
Criação de energia	9,7	“Conversão é o processo de criar energia.” (A ₈)
Não sabe	9,7	“Não sei.” (A ₁₀ ; A ₄ ; A ₁₆)
Surge da água	6,5	“A energia que surge da água.” (A ₃₀)
Ligação elétrica	6,5	Exemplo uma TV ligada com o DVD e com o som.” (A ₂₂)
Branco	3,2	Em branco

Fonte: Dados da pesquisa

Uma análise das respostas dadas à questão 4 mostra que nenhum aluno apresentou uma ideia completa do que seja dissipação de energia, termo empregado para descrever situações nas quais é impossível transformar diretamente um determinado tipo de energia em trabalho útil. Desta maneira, esperávamos que os alunos citassem como exemplo, a produção de energia sonora na queda de um objeto ao chão, ou energia térmica derivada do atrito entre as peças de um equipamento em funcionamento, como tipos de energia irreversíveis, que não poderiam ser reutilizadas diretamente em outros processos, ou que podem causar efeitos indesejados, como aquecimento do dispositivo.

Apenas 16,1% das respostas se aproximaram do esperado, em que os alunos associaram dissipação com perda de energia, sem explicar como, ou em alguns casos, citando também consumo de energia, “perder energia, consumir energia” (A₂₁). Desta maneira, a maioria dos alunos não soube explicar o termo dissipação de

energia, como pode ser visto na Tabela 4 nos exemplos de respostas das categorias: outras; branco/não sabe; corte de energia e consumo de energia. Em particular, na categoria outras, o aluno A₁₅ mostrou que entende dissipação como conversão de energia, mas responde parcialmente à questão citando um exemplo de dissipação de energia elétrica em energia térmica. Assim, esta resposta foi classificada também na categoria perda de energia.

Na questão 5 pedimos aos alunos para comentar sobre suas aulas de Física, principalmente sobre o conteúdo Trabalho e Energia. Algumas respostas foram classificadas em mais de uma categoria. Os dados indicam que uma boa parcela dos alunos, 35,5%, afirmou que as aulas de física são boas, definindo a categoria gostam das aulas. As categorias restantes (mostradas na Tabela 5), com 77,4% das respostas, dividem-se entre: não estudou energia, englobando aqueles que afirmaram que nunca estudaram física antes; não respondeu, que ou deixaram a questão em branco ou afirmaram que não

Tabela 4: Categorias, frequência e natureza das respostas sobre dissipação de energia (Q4)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Outras	41,9	“Quando a energia se converte [...] ex: energia elétrica para energia térmica.” (A ₁₅); “Deslocamento de massa” (A ₁₇); “Energia estática.” (A ₁₃).
Branco/Não sabe	29,0	Deixou em branco ou respondeu “Não sei”. (A ₁₀ ; A ₄ ; A ₁₆)
Perda de energia	19,4	“Acho que é perda de energia.” (A ₉)
Corte de energia	16,1	“Quando a energia é cortada, como se queimasse o fuziu (sic) de energia”. (A ₁).
Consumo de energia	9,7	“Perder energia, consumir energia” (A ₂₁)

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 5: Categorias, frequência e natureza das respostas sobre as aulas de física (Q5)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Gostam das aulas	35,5	“As aulas de física são ótimas e bem produtivas”
Não estudou energia	32,3	“Não foi possível chegar a este conteúdo”
Não respondeu	25,8	Deixaram em branco ou disseram que “não sei” (A ₁) ou “nunca estudei física” (A ₁₆)
Outras	19,3	“Como a energia recebe suas cargas e transforma em energia” (A ₃); “Nós estudamos velocidade que é um meio de consumir energia”. (A ₃₃)

Fonte: Dados da pesquisa

sabiam; e outras (19,3%), cujas respostas não têm sentido ou são exemplos de conteúdos de física estudados em sala.

Assim, podemos perceber que, embora um grande percentual dos alunos pesquisados tenha declarado que, ainda não havia estudado o conteúdo abordado, muitos tentaram, pelo conhecimento que possuíam do senso comum, elaborar respostas condizentes com a teoria, ou com o que acreditavam ser verdade.

3.2. Pós-teste: Questionário aplicado após a demonstração do experimento

Após as atividades, os alunos responderam ao questionário pós-teste. No geral, as respostas dos alunos, após a aula com demonstração, ficaram mais concentradas em menos categorias em comparação ao pré-teste. Percebemos também, como era de se esperar, que as respostas envolveram termos relacionados com o experimento exibido na aula.

Na primeira questão do pós-teste perguntamos novamente aos alunos o que eles entendem por energia, tentando identificar alguma influência da discussão apresentada em sala. Na Tabela 6 apresentamos as categorias, frequência e exemplos das respostas dos alunos.

Assim, vemos que 48,4% das respostas se enquadraram na categoria tipos de energia, em que os alunos citaram vários tipos de energia, como sonora, mecânica, térmica, etc; 25,8% associaram energia com processos envolvendo dissipação ou conversão de energia. Observamos que os alunos mencionaram em suas respostas, tipos de energia ou processos ligados ao experimento.

Um número maior de alunos, em relação ao pré-teste, 19,4%, passou a associar energia com força, interessante notar que o aluno A₂₉ continuou pensando assim, enquanto que A₁ mudou de ideia. Notamos também um pequeno aumento no número de alunos que vê energia em tudo, passando de 6,5% para 9,6%, em que apenas o aluno A₂ repetiu sua resposta. 6,5% das respostas foram classificadas como outras, em que não foi possível identificar a ideia expressa pelos alunos nas respostas. E nos 6,4% das respostas restantes, um aluno disse que não sabia responder e apenas um aluno desenhou uma lâmpada para representar energia. A diminuição no número de desenhos para exemplificar o conceito de energia reflete a remoção da palavra “Desenhe” no enunciado da pergunta Q1 do pós-teste.

Na segunda questão, sobre os tipos de conversão identificados no experimento apresentado, as respostas foram classificadas em quatro categorias: Exemplos de conversão; Tipos de energia; Descrição do experimento; e Transformação de energia. Os exemplos de respostas estão registrados na Tabela 7. Observamos que a maioria dos alunos (71,0%) descreveu exemplos de conversão; 16,1% apenas citaram tipos de energia; 9,7% dos alunos descreveram partes do experimento em questão e a condição para seu funcionamento. Um aluno (3,2%) explicou, sem dar exemplos, que conversão se trata de transformação de energia. Dentre os alunos enquadrados na categoria exemplos de conversão, apenas dois mencionaram que conversão de energia é a mudança de uma energia para outra. Desta maneira, apenas três

Tabela 6: Categorias, frequência e natureza das respostas do pós-teste sobre o que se entende por energia (Q1)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Tipos de energia	48,4	“Envolve energia sonora, energia mecânica e dissipação”. (A ₁)
Processos	25,8	“Acho que é a dissipação ou seja a energia do motor é passada para a lâmpada, que isso que faz ela acender” (A ₃₂) ou “Energia é um processo de conversão”. (A ₂₀)
Força	19,4	“É uma fonte que fornece força as coisas dando vida as fontes elétricas”. (A ₃)
Tudo é energia	9,6	“Eu entendo que tudo é energia, exemplo ar, o som e o calor”. (A ₁₄)
Outras	6,5	“Eu entendo que a energia independente do estado, após passar por uma conversão se torna mais fraca ou por um processo” (A ₁₂) ou “Movimento das matérias e é produzida em quantidades elevadas”. (A ₁₇)
Não sabe	3,2	“Energia é!!!! Não sei...” (A ₁₃)
Lâmpada	3,2	Foi feito o desenho de uma lâmpada

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 7: Categorias, frequência e exemplo de respostas do pós-teste sobre os tipos de conversão de energia no experimento (Q2)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo de respostas
Exemplos de conversão	71,0	“ <i>Conversão da mecânica para a sonora e sonora para elétrica</i> ”. (A ₂₇)
Tipos de energia	16,1	“ <i>Energia sonora, energia solar, energia elétrica</i> ”. (A ₉)
Descrição do experimento	9,7	“ <i>Que na hora que você pedala você está gastando energia e recebendo luz e quando você para de pedalar a luz se apaga</i> ”. (A ₃₂)
Transformação de energia	3,2	“ <i>É a transformação de uma energia para outra</i> ”. (A ₃₀)

Fonte: Dados da pesquisa

alunos (9,7%) corresponderam à expectativa de definição do termo.

Na terceira questão, sobre as possibilidades de haver dissipação no experimento apresentado, 74,2% dos alunos, portanto a maioria, apenas citou tipos de energia, sem explicar o que está ocorrendo. Vale ressaltar, no entanto, que neste grupo foram enquadrados os tipos de energia que são associados com dissipação. Assim, 21 alunos mencionaram energia sonora e 15 mencionaram energia térmica, refletindo talvez o enorme ruído e o aquecimento observados durante o funcionamento do motor. 9,7% associaram dissipação com transmissão de energia entre as várias partes da bicicleta; 9,7% das respostas foram classificadas como outras, por não fazerem sentido ou não ter uma conexão aparente com a pergunta feita, como por exemplo, ao citar a energia eólica. 6,4% associam dissipação com falta de energia, citando casos em que há falta no fornecimento de energia no sistema. Exemplos de respostas para as categorias definidas são mostrados na Tabela 8.

Na quarta questão, sobre as consequências de não haver dissipação de energia no experimento, 41,9% dos alunos descrevem o experimento como uma máquina perfeita, afirmando que não haveria perda de energia; 25,8% afirmaram que haveria um melhor desempenho no experimento, indicando em algumas respostas que há uma compreensão de que a energia fornecida inicialmente seria conservada, melhorando o desempenho do sistema, como pode ser visto na resposta do aluno A₂₀ (Tabela 9).

16,1% das respostas foram classificadas como outras, em que a resposta não tem sentido, ou ligação com a pergunta feita. Dois alunos (6,5%) confundem dissipação com transformação ou consumo de energia para o funcionamento de partes do sistema. Dois alunos (6,5%) afir-

maram que haveria um acúmulo de energia, indicando uma falta de entendimento na relação entre fornecimento, conversão e utilização de energia; e um aluno (3,2%) deixou a questão em branco. Maiores detalhes das respostas usadas para definição das categorias são mostrados na Tabela 9.

A quinta questão pede a opinião dos alunos sobre a experiência de aprender física utilizando demonstrações. Cada uma das respostas apresentou mais de uma categoria, sendo que algumas caracterizaram o sentimento do aluno em relação ao método aplicado, enquanto que outras justificam este sentimento. Exemplos de respostas ou sua natureza são mostrados na Tabela 10, juntamente com sua categoria e frequência de citação dos alunos.

Podemos afirmar que 27 alunos mostraram por meio de suas afirmações que gostaram de participar da experiência, refletida nas definições das categorias: Legal/ótima; melhor; interessante; divertida e diferente. As justificativas envolveram adjetivos como: Mais fácil de aprender; aprende mais, citando-se o melhor entendimento, visualização, e até por ser uma aula divertida. Duas respostas não se enquadraram nas categorias anteriores, sendo classificadas como outras, por não expressar diretamente algum sentimento em relação à avaliação da atividade.

4. Discussão dos Resultados

É interessante perceber que as ideias prévias sobre energia dos alunos nesta pesquisa podem ser reclassificadas de acordo com a categorização elaborada por Driver *et al* (1994) [11], com base nos resultados de vários estudos realizados sobre o assunto. Assim, algumas categorias que foram definidas na nossa análise são equivalentes

Tabela 8: Categorias, frequência e exemplos de respostas do pós-teste sobre a possibilidade de haver dissipação no experimento (Q3)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Tipos de energia	74,2	“ <i>Térmica e sonora</i> ” (A ₂) ou “ <i>Dissipação sonora e calor</i> ”. (A ₃)
Transmissão de energia	9,7	“ <i>Quando é passada a energia para o motor, ou seja, da correia até o motor</i> ”. (A ₃₂)
Outras	9,7	“ <i>Que com a energia é possível fazer várias coisas</i> ” (A ₂₃) ou “ <i>O motor teve uma perda muito forte de energia, pois foi uma das partes que começou a perder grande energia</i> ” (A ₉) ou “ <i>energia eólica</i> ”. (A ₁₇)
Falta de energia	6,5	“ <i>Se a roda parar de rodar a lanterna vai se apagar, se a roda não estiver numa velocidade boa a luz vai dar falhas</i> ”. (A ₁)

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 9: Categorias, frequência e natureza das respostas do pós-teste sobre as consequências de não haver dissipação no experimento (Q4)

Categoria	Porcentagem (%)	Exemplo ou Natureza das respostas
Máquina perfeita	41,9	“Seria uma máquina perfeita” (A ₂); “Seria o experimento perfeito, porque não haveria perda de energia e não haveria desperdício” (A ₂₉).
Melhor desempenho	25,8	“A tecnologia seria ao máximo de aproveitamento, seria muito bom o desempenho” (A ₂₄); “O resultado seria melhor pois seria alimentado com a mesma quantidade de energia do começo da experiência”. (A ₂₀)
Outras	16,1	“Se não houvesse a bicicleta iria funcionar perfeitamente, não iria ter defeitos” (A ₁), ou “movimentação lenta de energia”. (A ₁₇)
Transformação/consumo de energia	6,5	“É para mover a bicicleta dando velocidade e luz para a bicicleta” (A ₃₁); “Sim, a lâmpada não acenderá sem uma dissipação de energia elétrica”. (A ₁₂)
Acúmulo de energia	6,5	“Acho que juntaria mais energia, pois ele iria ficar cada vez mais forte”. (A ₃₂)
Branco	3,2	Os alunos não responderam à questão.

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 10: Categorias, frequência e natureza ou exemplo das respostas sobre a avaliação da atividade (Q5)

	Categoria	Frequência	Natureza/Exemplo das respostas
Caracterização da aula	Legal/ótima	14	Ótimo; excelente, muito bom, legal, bom, show.
	Melhor	5	“É legal porque aula prática é melhor que teoria”. (A ₂₉)
	Interessante	4	“O experimento foi muito interessante, pois podemos ter uma noção sobre energia”. (A ₆)
	Divertida	3	“Divertida, não é cansativa”.
Justificativa	Diferente	1	“Achei legal e diferente, porque todas as aulas ficamos dentro de sala”. (A ₄)
	Mais fácil	16	“Eu acho que a partir de demonstrações é mais fácil aprender sobre Física”. (A ₂₃)
	Aprende mais	5	“Aprendi várias coisas”. (A ₃₂) “Aprender na prática é bom pois você entende melhor” (A ₃₀)
	Visualização	5	“Com demonstrações é mais fácil, pois é possível ver para saber do que está sendo falado”. (A ₂₄)
	Outras	2	“Física estar com experiências sobre a energia como você vai gastando energia, e pode receber você mesmo” (A ₃₁); “Energia solar para energia elétrica, e a energia mecânica e elétrica como movimentar uma roda” (A ₁₂).

Fonte: Dados da pesquisa

aquelas definidas pelos autores, nas quais o conceito de energia é associado com:

- Seres vivos: principalmente humanos, relacionado com atividades humanas, saúde, alimento;
- Algo armazenado em objetos: objetos possuem energia e são recarregáveis;
- Movimento: energia é associada à atividade, movimento de objetos;
- Força: uso das palavras energia e força como sinônimos, confusão conceitual;
- Combustível: associado com recursos limitados, combustíveis, eletricidade, algo que traz conforto para a vida;
- Fluido, ingrediente ou produto: modelo de transferência de fluido de uma coisa para outra, ou como um agente reativo, um ingrediente que de repente passa a ser ativo, ou como um produto que é gerado, ativo e depois desaparece. [11, p.146]

Dessa maneira, uma reclassificação da primeira questão do pré-teste sobre o conceito de energia, mostra que a maioria das respostas (77,4%) associou energia com combustível (presentes nas categorias tipos de energia e casa com energia da Tabela 1); 35,5% associaram com algo armazenado em objetos ao citar geradores/baterias (categoria fonte de energia da Tabela 1); 9,7% associaram com seres vivos (categoria corpo humano da Tabela 1); 6,5% associaram com movimento; 6,5% associaram com força; uma resposta (3,2%) pode ser associada com produto, ao afirmar que ao abrir a geladeira a luz acende (categoria causa e efeito da Tabela 1).

Nas questões referentes à transformação e dissipação de energia, no pré-teste, apenas 29,0% e 19,0% dos alunos, respectivamente, foram capazes de responder parcialmente. Estes números são consistentes com os resultados relatados por Solbes e Tarin [4][6], e refletem a pequena porcentagem de livros didáticos e professores que discutem estes temas.

Uma comparação dos resultados obtidos no pré- e pós-teste permite afirmar que houve uma assimilação dos temas abordados após a participação dos alunos na atividade experimental. Principalmente se considerarmos

as respostas sobre conversão e dissipação de energia no pós-teste (questões Q2 e Q3), em que a maioria dos alunos, em torno de 70,0%, deu exemplos compatíveis com o que foi visto no experimento, enquanto que no pré-teste (questões Q3 e Q4) tivemos no máximo 30,0% de acertos parciais. Entretanto, percebemos que, mesmo no pós-teste, poucos alunos arriscaram uma explicação dos processos, indicando a necessidade de trabalhar melhor esses conceitos.

Sobre a dissipação (Q4 no pré-teste e Q3 no pós-teste), vemos que houve uma queda na porcentagem de alunos que a associaram com corte ou falta de energia, de 16,1% para 6,5%, e na categoria outras que caiu de 41,9% para 9,7%. Importante mencionar que 29,0% dos alunos deixaram esta questão em branco no pré-teste, enquanto que todos responderam a questão no pós-teste.

Uma comparação das respostas à questão Q1, sobre o conceito de energia, mostra que foi definido um número menor de categorias no pós-teste em relação ao pré-teste, indicando que as respostas ficaram mais concentradas em alguns termos, na maioria dos casos, relacionados com o experimento observado. Ainda sobre a questão Q1, uma porcentagem menor de alunos do pós-teste (48,4%), em relação ao pré-teste (54,8%), citou tipos de energia, variando-se também o tipo de energia citada. No entanto, na categoria processos do pós-teste, inexistente no pré-teste, os alunos mostraram uma forte tendência de associar energia com processos de conversão, transformação e dissipação.

Vemos também que houve um aumento na porcentagem de alunos que associou energia com força (de 6,4% para 19,4%) e com a ideia de que energia está em tudo (de 6,5% para 9,6%). Este aumento da associação de energia com força pode ter sido induzido pela demonstração do experimento, como na resposta do aluno A₁₈: “São forças que fazem mover sistemas. Como o experimento da bicicleta”, que deve ser reelaborada para evitar este tipo de confusão. Em outra linha, poderíamos também tentar elucidar melhor o que estes alunos entendem por força, e qual a conexão feita entre energia e força, neste contexto.

Ficamos satisfeitos com o resultado da quarta questão do pós-teste, ausente no pré-teste, em que aproximadamente 42,0% dos alunos associaram a situação de não-dissipação de energia com uma máquina perfeita, enquanto que 26,0% afirmaram que haveria um melhor desempenho do sistema. Dois alunos afirmaram, porém, que haveria um acúmulo de energia no sistema, mostrando que talvez tenham sido os únicos a perceber que não haveria maneira de transformar a energia luminosa do farol em energia elétrica para realimentar o motor.

As questões Q5 do pré- e pós-teste, sobre as aulas de física em geral, e aulas de física com demonstrações, respectivamente, mostram que uma grande porcentagem dos alunos no pós-teste, 87,1%, afirmaram que gostaram da aula com atividade experimental. Uma comparação com o pré-teste, mesmo considerando que não foi feita a

mesma pergunta, mostra que antes, apenas 35,5% disseram gostar de física, e nenhum aluno mencionou haver aulas com atividades experimentais. Neste contexto, o resultado indica que aulas experimentais ou demonstrativas contribuem para aumentar a motivação e a receptividade dos alunos [5][6].

5. Considerações Finais

A atividade proposta neste trabalho teve como objetivo proporcionar uma discussão sobre vários tipos de conversão de energia em um sistema comum no dia a dia do estudante. O experimento apresentado aos alunos caracteriza, entre outros, situações de dissipação de energia, tema pouco estudado em sala de aula de acordo com a revisão da literatura [6].

Seguimos a sugestão de vários autores [2][3], ao discutir o conceito de energia por meio de um experimento que permitiu aos estudantes observar e posteriormente explorar os processos de conversão e dissipação. Tentamos, assim, evitar discussões abstratas sobre o conceito e o princípio de conservação de energia, evitando-se a memorização de termos pelos alunos.

O teste realizado da nossa proposta de ensino junto a alunos do Ensino Médio, mostrou uma ampliação nas respostas dos alunos em relação aos diversos tipos de energia, das possíveis conversões que podem ocorrer entre um tipo e outro, e da dissipação de energia. Podemos afirmar que as habilidades e competências relacionadas à transferência e dissipação de energia, sugeridas nos Parâmetros Curriculares Nacionais [1] foram desenvolvidas nos estudantes durante a demonstração experimental. Entretanto, é importante mencionar que a conceitualização do termo energia ainda requer uma discussão especial, uma vez que os alunos, após a aula, reforçaram a associação com tipos de energia, força ou que tudo é energia.

Finalmente, gostaríamos de sugerir que durante a atividade seja feita uma discussão chamando a atenção dos alunos para o alto consumo de energia pela nossa sociedade industrializada, a possibilidade de escassez dos recursos utilizados na sua obtenção, a importância de diminuir os impactos ambientais causados por alguns processos de geração de energia, promovendo assim uma conscientização para o uso racional de energia.

Referências

- [1] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (MEC, Brasília, 1999).
- [2] R. Duit, *Phys. Educ.* **19**, 59 (1984).
- [3] J.L Doménech, D. Gil-Perez, J. Guisádola, J. Martinez-Torregrosa, J. Salinas, R. Trumper e P. Valdes, *Cad. Bras. Ens. Fís.* **20**, 285 (2003).
- [4] J. Solbes y F. Tarín, *Ensenanza de las Ciencias* **22**, 185 (2004).
- [5] J.P.V. Barbosa e A.T. Borges, *Cad. Bras. Ens. Fís.* **23**, 182 (2006).

- [6] J. Solbes e F. Tarín, *Ensenanza de las Ciencias* **16**, 387 (1998).
- [7] M.S.T. Araújo e M.L.V. dos S. Abib, *Ver. Bras. Ens. Fís.* **25**, 176 (2003).
- [8] E.I. Santos, L.P.C. Piassi e N.C. Ferreira, in: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física* (Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 2004), co21-1.
- [9] J.B.R. Filho, M.A. Salami e S.S.C. Costa, in: *Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física* (Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 2007), 258-1.
- [10] I. P. Cançado, V.G. Filgueira, D. M. Ricardo, C.E. Mendes e O.A. Junior, in: *Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física* (Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 2007), 333-1.
- [11] R. Driver, A. Squires, P. Rushworth and V. Wood-Robinson, *Making Sense of Secondary Science: Research Into Children's Ideas* (Routledge, London, 1994).
- [12] A.B. Santos, C.C. Borges, G.R. Guimarães, G.K. Amaral, M.D. Regis e A.G. Dickman, in: *Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física* (Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 2007), 47-2.
- [13] L. Bardin, *Análise do Discurso* (Edições 70, São Paulo, 2011).
- [14] R.P. Feynman, R.B. Leighton and M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics* (Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1975), v. 1.