

Bárbara Cristine Leone

**A utilização da História da Ciência como subsídio para a superação de obstáculos epistemológicos: a confusão entre os conceitos de força e energia**

Caraguatatuba

2022

BÁRBARA CRISTINE LEONE

A utilização da História da Ciência como subsídio para a superação de obstáculos epistemológicos: a confusão entre os conceitos de força e energia

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus de Caraguatatuba para obtenção do título de graduada em Licenciatura em Física. Orientador: Prof. Dr. Alex Lino

Caraguatatuba

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

Leone, Bárbara Cristine

L583u A utilização da História da Ciência como subsídio para a superação de obstáculos epistemológicos: a confusão entre os conceitos de força e energia . / Bárbara Cristine Leone. -- Caraguatatuba, 2022.  
39 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alex Lino.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Física. 2. Energia. 3. Concepções alternativas. 4. História e Filosofia da Ciência. I. Lino, Alex, orient. II. Instituto Federal de São Paulo. III. Título.

CDD: 530

PARECER N.º 4/2022 - CFIS-CAR/DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Nome: Cristine Leone, Bárbara

Título: A utilização da História da Ciência como subsídio para a superação de obstáculos epistemológicos: a confusão entre os conceitos de força e energia

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, câmpus Caraguatatuba para a obtenção do título de graduado em Licenciatura em Física.

Aprovado em: 07 de dezembro de 2022

Banca Examinadora

Prof(a). Dr. Alex Lino  
Instituto Federal de São Paulo - Câmpus Caraguatatuba  
Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dra. Natália Nassiff Braga  
Instituto Federal de São Paulo - Câmpus Caraguatatuba  
Julgamento: Aprovado

Prof(a). Me. Luis Fernando Viviani Thomazini  
Instituto Federal de São Paulo – Câmpus Caraguatatuba  
Julgamento: Aprovado

Documento assinado eletronicamente por:

- **Alex Lino, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 08/12/2022 09:19:13.
- **Natalia Nassiff Braga, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 08/12/2022 13:17:33.
- **Luis Fernando Viviani Thomazini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/12/2022 09:46:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 460477

Código de Autenticação: 4ca5c5f5a1



*Dedico este trabalho ao meu querido irmão, Bê.*

## AGRADECIMENTOS

À minha família, mãe, irmão, vó, pelo suporte, amor, acolhimento e pelo incentivo, Argos, Bolinha e Charlie, simplesmente por existirem e alegrarem meus dias, sem vocês não teria conseguido.

Aos amigos, Amanda Gabriela, por ter sido uma excelente companheira de laboratório e de ônibus antes da pandemia; Brenda Colares, por todo apoio, por ouvir meus lamentos e por todos as conversas e discussões proveitosas durante e após a pandemia; Higor Felipe, por todo auxílio nos momentos de estudo e por me ouvir; Amanda Salgueiro, pelas discussões e pela paciência.

Ao Lucas, por todos os incríveis, bons e maus momentos que compartilhamos.

Ao Prof. Dr. Alex Lino, por orientar este trabalho, pela paciência e pelo conhecimento compartilhado ao longo desses quatro anos, aprendi muito com todos os diálogos e com os mapas conceituais.

À Profa. Dra. Nadjara dos Santos, por ceder suas aulas para que eu pudesse realizar a pesquisa, por servir de exemplo, como a única professora de física do curso, por todo o conhecimento compartilhado, pela gentileza, paciência e conversas durante o período de estágio.

À Profa. Dra. Natalia Nassif Braga, por todo auxílio com o estágio, pela paciência em explicar diversas vezes este longo e incansável processo, pela doçura e gentileza, por todo o conhecimento compartilhado e por aceitar participar da banca.

Ao Prof. Me. Luis Fernando Viviani Thomazini, por mostrar que mesmo de forma remota é possível proporcionar um ambiente de reflexão e aprendizado dinâmico e instigante, por todo conhecimento compartilhado e por aceitar participar da banca.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo por fomentar este trabalho.

Ao corpo docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - campus Caraguatatuba, por proporcionarem tantas reflexões e momentos de aprendizagem.

## RESUMO

Considerando a existência de obstáculos epistemológicos relacionados ao conceito de energia, este trabalho se propõe a investigar os mecanismos históricos de superação destes obstáculos, tendo em vista o ensino através da História e Filosofia da Ciência, com a finalidade de desenvolver uma sequência didática que propicie a ruptura do obstáculo que associa energia como força. Com esse propósito, desenvolveu-se um questionário qualitativo, no intuito de verificar se as concepções prévias dos estudantes dos 2º e 3º anos do curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do IFSP – campus Caraguatatuba apresentam a confusão entre os conceitos de força e energia. Após a aplicação e análise do questionário, foi realizada uma sequência didática que trouxe as principais discussões que contribuíram para o desenvolvimento do conceito energia, através de problematizações e recortes históricos. Para investigar se o obstáculo foi superado, aplicamos um novo questionário qualitativo, desta vez, com apenas duas questões. A análise dos questionários se deu através da Teoria de Análise de Conteúdo de Laurence Bardin. Conclui-se, contudo, que os estudantes possuíam o obstáculo epistemológico investigado e, a partir da análise do questionário final, após a realização da sequência didática apoiada na transposição didática dos mecanismos de superação, verificamos que a utilização da História e Filosofia da Ciência pode auxiliar na desobstaculização do conceito energia, contudo se faz necessário dar continuidade à intervenções que abarquem os demais obstáculos referentes ao conceito.

**Palavras-chave:** Energia; Concepções alternativas; Obstáculos epistemológicos; História e Filosofia da Ciência.



## **Abstract**

Considering the existence of epistemological obstacles related to the concept of energy, this work aims to investigate the historical mechanisms of overcoming these obstacles, considering teaching through the History and Philosophy of Science, with the purpose of developing a didactic sequence that provide the rupture of the obstacle that associates energy as a force. With this purpose, a qualitative questionnaire was developed, in order to verify if the previous conceptions of the students of the 2nd and 3rd years of the Technical Course in Informatics Integrated to the High School of the IFSP - Caraguatatuba campus present the confusion between the concepts of force and energy. After the application and analysis of the questionnaire, a didactic sequence was carried out that brought the main discussions that contributed to the development of the energy concept, through problematizations and historical clippings. To investigate whether the obstacle was overcome, we applied a new qualitative questionnaire, this time, with only two questions. The analysis of the questionnaires was made through Laurence Bardin's Theory of Content Analysis. It is concluded, however, that the students had the epistemological obstacle investigated and, from the analysis of the final questionnaire, after performing the didactic sequence supported by the didactic transposition of the mechanisms of overcoming, we found that the use of the History and Philosophy of Science can help in the desobstaculization of the concept energy, however it is necessary to continue the interventions that support the other obstacles related to the concept.

**Keywords:** Energy; Alternative conceptions; Epistemological obstacles; History and Philosophy of Science.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	12
2.1 Os obstáculos epistemológicos .....	12
2.2 Origem e superação da confusão entre os conceitos de força e energia.....	14
3. METODOLOGIA.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
6. REFERÊNCIAS .....	32
APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO QUALITATIVO.....	34
APÊNDICE B - SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	36

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os pesquisadores em Ensino de Ciências é consenso que existem diferentes obstáculos em relação à aprendizagem do conceito de energia, que são, frequentemente, denominados de concepções alternativas. Podemos, em alguns casos, classificar essas concepções como obstáculos epistemológicos, sobretudo quando estas possuem características semelhantes às confusões cometidas pelos próprios teóricos ao longo da história do desenvolvimento de tal conceito.

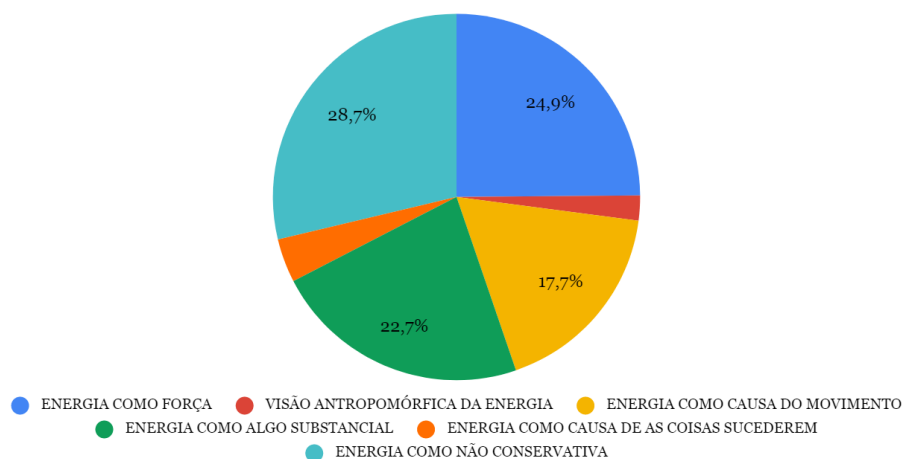
Ao pesquisar os trabalhos que se propuseram a investigar as concepções alternativas e/ou os obstáculos epistemológicos do conceito de energia, verificamos que muitos expunham um erro comum à maioria dos estudantes de Física: *a confusão que fazem entre os conceitos de força e energia* (DUI, 1981; WATTS; GILBERT, 1983; BROOK; DRIVER, 1984; TRUMPER, 1993; HIGA, 1988; PÉREZ et al, 1995; DEPARTMENT OF MATHS AND SCIENCE EDUCATION, 1994; SOLOMON, 1985; BUCUSSI, 2007). Em geral, tais pesquisas foram realizadas com estudantes do Ensino Fundamental, Médio e Superior, e ao explorarmos, pudemos notar que, os estudantes, mesmo com experiências de aprendizagem totalmente distintas, em diferentes países, culturas e contextos, *têm revelado ideias muito semelhantes* ao interpretarem o conceito de energia como força.

Segundo Lino (2016), podemos classificar a confusão entre os conceitos de força e energia como um obstáculo epistemológico, que por sua vez, é definido por Bachelard (1996) como um impedimento ao progresso do conhecimento. Para que essa confusão fosse classificada como um obstáculo epistemológico, foi necessário verificar que os equívocos cometidos ao longo da história do desenvolvimento do conceito de energia consistiam no mesmo equívoco cometido pelos estudantes, do contrário não seria possível classificá-la como tal. Há uma relação entre as duas epistemologias, nessa correspondência entre a história da formação do conceito e o desenvolvimento cognitivo.

No trabalho desenvolvido no ano de 2018, pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do IFSP, verificamos que, em nossa instituição estudantes de diferentes níveis de ensino possuem diversas concepções alternativas. Foi elaborado um questionário com perguntas contextualizadas acerca de fenômenos físicos que dependiam do conceito de energia para seu entendimento e explicação. Esta atividade foi aplicada aos alunos dos cursos de Licenciatura em Física e Engenharia Civil e para o Integrado (Ensino Médio) do IFSP – Campus Caraguatatuba.

Apresentamos aqui a análise completa dos questionários que foram aplicados no Ensino Médio (2018); em seguida apresentamos as concepções alternativas dos estudantes em relação ao conceito de energia dentre um total de 46 estudantes participantes.

GRÁFICO 1. Análise das concepções alternativas



FONTE: Nogueira 2018

Somente identificar essas concepções alternativas não nos permite inferir sobre a possibilidade de classificá-los como obstáculos epistemológicos. É necessário buscar na história da ciência do desenvolvimento do conceito evidências da existência de dificuldades similares transpassadas pelos contribuintes do próprio conceito. Conforme Lino (2016), podemos classificar como obstáculos epistemológicos as seguintes concepções alternativas: 1) Energia como força; 2) Energia como causa do movimento; 3) Energia como substância; 4) Energia não conservativa. Ao buscarmos historicamente como se deu o desenvolvimento do conceito, nos deparamos com estas mesmas concepções.

Mas afinal, qual é a vantagem de classificarmos concepções alternativas como obstáculos epistemológicos? Defendemos aqui a existência de um paralelismo entre as vertentes epistemológicas, cognitivas e históricas (PIAGET; GARCIA, 2011). Logo, se certas dificuldades têm de ser superadas para o desenvolvimento do conceito com determinados mecanismos no campo da ciência, no campo do ensino-aprendizagem podemos utilizar estes mesmos mecanismos para a desobstaculização com a devida transposição didática, respeitando-se cada nível de complexidade. Entendemos como desobstaculização a superação de um obstáculo por meio de uma situação proposta suscetível de evoluir e fazer o estudante se desenvolver, segundo uma dialética conveniente.

A construção dessas situações pode ser realizada levando-se em consideração os mecanismos encontrados historicamente que serviram como base para o desenvolvimento do conceito, e ainda devem levar em consideração as variáveis didáticas que permitam, eventualmente, organizar um salto informacional.

Dessa forma nos parece legítimo institucionalizar, mesmo que localmente, conhecimentos que deverão explicitamente ser modificados posteriormente por uma evolução natural da construção de conhecimentos visados (ALMOULOUD, 2007).

Brousseau (1983) defende a ideia de que todas as concepções representam algum tipo de obstáculo para as aquisições futuras, no entanto, quando encontramos na história do desenvolvimento de algum conceito equívocos semelhantes aos que os alunos cometem, quando submetidos ao entendimento e aprendizado do mesmo conhecimento, esses obstáculos podem ser classificados como de origem epistemológica.

Tendo em mente a confusão dos alunos com relação ao conceito de energia, investigamos os processos do desenvolvimento do conceito historicamente, bem como os contratempos e dificuldades encontrados e os mecanismos de superação deles, no intuito de planejar uma sequência didática, orientando-nos pelo ensino de física através da problematização e da História e Filosofia da Ciência. Nosso objetivo principal é o de verificar se os mecanismos de superação históricos podem ser considerados como boas estratégias de ensino-aprendizagem para o conceito de energia, levando em consideração a perspectiva da confusão existente entre os conceitos de força e energia.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Os obstáculos epistemológicos**

A noção de obstáculos epistemológicos foi descrita inicialmente pelo filósofo francês Gaston Bachelard, em 1938, na obra *A formação do espírito científico*. Nela, podemos interpretar as condições de evolução da ciência, gerando bases para realizar a psicanálise do conhecimento objetivo.

Para Bachelard, durante o ato de conhecer é que aparecem lentidões e conflitos referentes à aprendizagem que, dito de outro modo, podem ser estagnação e até regressão ao processo de compreensão de conceitos (BACHELARD, 1996)

Esta estagnação, ou regressão ao ato de conhecer, é chamada de obstáculo epistemológico. Nas palavras de Bachelard, este ato de conhecer “dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1996, p.17).

A noção de obstáculo epistemológico é utilizada por Bachelard para analisar o motivo das dificuldades que temos no aprendizado de conhecimento científico. Pode ser estudada “no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação” (BACHELARD, 1996, p.21).

Conhecendo o obstáculo epistemológico, poderemos conhecer o motivo da dificuldade ou o motivo da não-aprendizagem de conceitos científicos.

Devemos sempre levar em consideração que os alunos chegam às aulas de ciências com conhecimentos pré-estabelecidos em suas estruturas de conhecimento, referente aos seus conhecimentos empíricos. Estes podem, em algumas situações, serem obstáculos ao novo conhecimento que será ensinado pelo professor. Em relação a esta ideia, para Bachelard:

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na sala de aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 1996, p.23).

Desta forma, devemos trabalhar para que um pensamento pré-estabelecido na estrutura de conceitos dos alunos não os leve ao não aprendizado. Estes conhecimentos prévios podem ser, por exemplo, opiniões, analogias que favorecem o erro, analogias que relacionam conceitos a imagens metafóricas, entre outras, como veremos com as definições dos obstáculos epistemológicos.

Para Pais (2001), no plano pedagógico, é mais pertinente utilizar o termo *Obstáculos Didáticos* que são conhecimentos que se encontram relativamente estabilizados no plano intelectual e que podem dificultar a evolução da aprendizagem do saber escolar” (PAIS, 2001, p. 44).

A noção de obstáculos epistemológicos foi introduzida na Didática da Matemática em 1983 por Brousseau. Essa noção pode ser utilizada tanto para analisar a gênese histórica de um conhecimento como o ensino, quanto na evolução espontânea do aluno. Ou seja, podem-se

pesquisar os obstáculos epistemológicos a partir de análise histórica ou a partir de dificuldades resistentes entre os alunos, procurando confrontá-las (IGLIORI, 2002).

## 2.2 Origem e superação da confusão entre os conceitos de força e energia

De acordo com Lino (2016) a origem da ideia de força como obstáculo à concepção de energia, se dá a partir da busca por explicações quanto à continuidade do movimento de um projétil, quando este é lançado por um projetante, uma ideia gerada no senso comum, somente a partir da observação do evento sem reflexão. É natural pensarmos que para que o projétil continue sua trajetória uma força deve ser constantemente aplicada sobre ele, como pensou Aristóteles ao atribuir ao ar o papel de impulsionar o projétil, para dar continuidade ao seu movimento.

As concepções de Aristóteles acerca do movimento são intrínsecas à sua compreensão de mundo. Para o filósofo, o universo se divide em duas partes, naturalmente distintas: o céu e a terra, cujas leis que os governam e os materiais que os ocupam, são distintos. No que se refere ao céu e tudo aquilo que o compõe, como as estrelas e os planetas são constituídos pelo éter, um elemento puro, inalterável, incorruptível e eterno. Já no que diz respeito à terra e tudo que a compõe, constitui-se pelos elementos essenciais, terra, água, fogo e ar (ÉVORA, 2005).

Com relação ao movimento, Aristóteles estabeleceu dois tipos: o movimento natural e o movimento violento (forçado). Se tratando do movimento natural, acreditava-se que os elementos essenciais, se moviam para seus lugares naturais. A Terra, é naturalmente pesada, cujo lugar natural seria o centro do universo, coincidente com o centro da Terra, portanto, seu movimento é retilíneo e para baixo. A água e o ar são elementos intermediários, como a água é mais pesada que o ar, se move para baixo, enquanto o ar se move para cima. Já o fogo, é mais leve que o ar, portanto, seu movimento é retilíneo para cima (ÉVORA, 2005).

No que diz respeito ao movimento violento, como no caso de empurrar algum objeto ou lançar um projétil, Aristóteles diz que uma força deve estar constantemente associada a este movimento. Não somente, um fator importante seria o meio em que o movimento é realizado, pois para o filósofo seria inconcebível algo mover-se no vazio, pois não havendo resistência ao movimento de um corpo, poderia ele mover-se com infinita velocidade (PEDUZZI, 1996).

Conforme Neves (1999), uma das consequências da física de Aristóteles é que para que um corpo seja movido, deve haver uma ação constante de um movente. Tal proposição ficou conhecida durante a Idade Média como *cessante causa cessat effectus* (cessando a causa, cessa o efeito), portanto, uma física não-inercial.

Apesar de a concepção dinâmica da força e da cinemática descritiva de Aristóteles terem permanecido por muito tempo na história da ciência, devido ao fato de que se podia com base em seus argumentos, descrever os fenômenos observados de forma bastante plausível, o filósofo teve seus críticos (NEVES, 1999).

No que diz respeito ao movimento violento, como o de um projétil, Aristóteles acreditava que o ar executaria dois papéis, o de impulsionar o projétil, e o de freá-lo, pois no momento em que o projétil é lançado pelo projetante, ocupa o espaço antes preenchido pelo ar à sua frente. O ar envolto no projétil torna a ocupar o espaço atrás do mesmo, impulsionando-o para frente. Neste processo, chamado *antiperistasis*, a força do ar sobre o projétil vai cessando, fazendo-o parar (PEDUZZI, 1996).

A ideia de que o ar poderia exercer uma dupla função no movimento de um projétil foi debatida durante séculos por comentadores de suas obras. Algumas explicações alternativas foram sugeridas, como o conceito de *virtus impressa*, primeiramente por Hiparco de Nicéia, século II a. C., retomado no século VI d.C. por Filopono, novamente, no século XI por Avicenna, e posteriormente, no século XIV por Francesco di Marchia (LINO, 2016).

Em suma, conforme Lino (2016), para Filopono (490 - 570) a *virtus impressa* é uma força cinética incorpórea impressa pelo projetante no projétil, que ao longo do movimento se esvai devido a resistência do ar. Vale ressaltar que, para o filósofo mesmo que ocorrendo no vácuo, o movimento cessaria, e é neste ponto que se diferencia do *mail*, proposto por Avicenna, neste caso, o movimento de um projétil produzido no vácuo deve persistir, a não ser que algo o interrompa. Para Francesco di Marchia (1290 - 1344), a continuidade do movimento é causada por uma “força abandonada”, nomeada *virtus derelicta*, pelo motor no projétil, no entanto, deve haver também uma *virtus derelicta* no meio que contribui para a continuidade do movimento do projétil.

Nota-se que, até então os filósofos subsequentes à Aristóteles buscaram desenvolver as concepções primárias, desvencilhando-se da ideia de que haveria uma força externa ao projétil, realizada pelo meio sobre o objeto, no entanto, Francesco resgata a ideia de que o ar contribuiria, fornecendo movimento ao projétil. Sendo assim, podemos interpretar essa persistência como um requisito para este conhecimento ser deduzido como um obstáculo epistemológico (LINO, 2016).

Com base, principalmente, no conceito *virtus impressa*, surge a teoria do *impetus*, que aparece primeiramente com Filoponos, e posteriormente pelo filósofo medieval Jean Buridan (1300 - 1358), que aparentemente desconhecia o trabalho de seu antecessor. Buridan, assim



como Avicenna, incumbiu à noção de força impressa (ou ímpeto) a capacidade de se conservar infinitamente, a não ser que se corrompesse devido a uma resistência (NEVES, 1999).

A teoria de Buridan implica que, no mesmo exemplo do projétil, o projetante transfere para objeto um ímpeto (*impetus*) ou uma força motriz (*vis motora*) na direção em que ele se move, e quanto maior for o ímpeto transferido para o projétil, mais rápido ele irá se mover. Contudo, quanto maior for a densidade do corpo ou quantidade de matéria, maior será o ímpeto adquirido pelo projétil (LINO, 2016).

Além de Buridan, outro cientista que utiliza o conceito de *impetus* é Galileu Galilei (1564 - 1642), no entanto, com distintas concepções. Em sua obra *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo Ptolomaico e Copernicano*, em que traz explicações sobre experimentos como pêndulos e planos inclinados, Galileu chega próximo a ideia de conservação. No caso do plano inclinado ideal, argumenta que o ímpeto adquirido pelo corpo em um certo movimento irá depender da altura em que foi solto, pois, quanto maior a altura, maior será o ímpeto adquirido, independentemente da inclinação do movimento no plano. Ao desprezar as resistências externas o ímpeto adquirido, seria capaz de fazer esse corpo alcançar sua altura inicial. Diferentemente de Buridan, que acredita que o ímpeto é algo permanente no corpo, capaz de ser diminuído somente pela ação do ar, Galileu entende que o ímpeto do corpo seria um efeito do movimento e da velocidade, mas algo proporcional à velocidade do corpo, ou seja, sem velocidade o ímpeto seria nulo (LINO, 2016).

Apesar de as ideias trazidas até o momento não se referirem ao conceito de energia propriamente dito, a problemática da continuidade do movimento foi fundamental para que, posteriormente, pudéssemos distinguir as concepções de força, energia e quantidade de movimento (momento), sobretudo, com os trabalhos de Descartes, Huygens, Newton e Leibniz.

No século XVII, a ênfase na ideia de conservação tornou-se mais notável, no que diz respeito à física. René Descartes (1596 - 1650), por meio de seu trabalho com colisões de corpos, tomou consciência do fenômeno que conhecemos hoje como princípio de conservação do momento, chamado por ele como conservação da quantidade de movimento. Teria Descartes ficado tão impressionado com a descoberta que foi levado a fazer uma afirmação geral de que o momento total do Universo é constante. Concluindo, finalmente, que a força, como grandeza responsável pela produção de movimento, seria a mudança de momento por unidade de tempo. Tal visão pode ter influenciado Newton quando veio a sistematizar a mecânica em sua obra *Principia* (LINDSAY, 1971).

O filósofo, que acreditava na existência de leis fundamentais da natureza, enuncia, em sua obra *Princípios da Filosofia*, a primeira e a segunda lei:

Cada coisa permanece no mesmo estado o tempo que puder e não muda este estado senão pela ação das outras e cada parte da matéria jamais continua a mover-se segundo linhas curvas, mas sim segundo linhas retas. Se um corpo que se move encontra outro mais forte que ele, não perde nada de seu movimento e se encontra outro mais fraco, a quem possa mover, perde de seu movimento aquilo que transmite ao outro (DESCARTES, 1973 *apud* PONCZEK, 2000, p.338).

A primeira lei seria algo como o princípio da inércia de Newton, e a segunda seria uma lei geral das colisões, em que, para o filósofo, ao colidir um corpo pequeno com um corpo maior, tem-se a inversão da velocidade. E ao colidir um corpo pequeno com um corpo menor, a quantidade de movimento será transferida para o segundo.

Para Descartes então, se estabelecia a lei geral de conservação do movimento, descrita pelo produto da massa pelo módulo da velocidade do corpo. Não se tinha, até então, um conceito definido de massa, portanto, se confundia com o volume, o peso e a força do corpo. Vale dizer que, para o filósofo, o conceito de velocidade não era vetorial e sim escalar, valendo para a conservação apenas o seu módulo (PONCZEK, 2000).

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), em desacordo com Descartes, faz sua crítica ao filósofo, em 1686, em sua obra *Discurso de Metafísica*:

Frequentemente nossos novos filósofos se servem da famosa regra em que Deus conserva sempre a mesma quantidade de movimento do universo. De fato isto é muito plausível e antes eu próprio a tinha como indubitável. Porém há algum tempo reconheci em que consiste o seu erro. O Senhor Descartes e muitos hábeis matemáticos têm acreditado que a quantidade de movimento, isto é, a velocidade multiplicada pela magnitude (massa) do móvel é exatamente a força motriz ou, para falar matematicamente, que as forças estão na razão direta das velocidades e das magnitudes (...) (LEIBNIZ, 1983 *apud* PONCZEK, 2000, p.340)

O filósofo e matemático argumenta que um corpo A cuja massa é quatro vezes menor que a de um corpo B, caindo de uma altura quatro vezes maior, quando colidir com o solo, deverá ter uma força igual. Já era sabido, devido a Galileu e Torricelli que as velocidades finais de um corpo em queda livre deveriam ser proporcionais à raiz quadrada da altura, sendo assim o corpo A, quando tocasse o solo, teria uma velocidade duas vezes maior que a do corpo B, o mesmo deveria acontecer com sua quantidade de movimento. Entretanto, a razão entre as velocidades deveria ser de quatro para um, portanto, Leibniz mostra que a grandeza que mede o movimento e, portanto, a verdadeira medida da força é o produto da massa pelo quadrado da velocidade (PONCZEK, 2000). Tal grandeza será denominada por Leibniz de *vis viva*.

Conforme Lino (2016), o novo conceito é descrito pela primeira vez em 1695, na obra de Leibniz denominada *Espécime dinâmico para admirar as leis da natureza relativas a força dos corpos e para descobrir suas ações mútuas e restituí-las as causas*, publicado em *Acta Eruditorum* de Leipzig, em que faz uma análise detalhada das concepções relacionadas à natureza da força mantida por filósofos desde os tempos antigos até o seu próprio e, enfatiza

seu ponto de vista, quando diz que podem existir dois tipos de virtudes no corpo, a *vis viva* (força viva) e a *vis mortua* (força morta). Nas palavras de Leibniz:

A partir daqui, a Força também é dupla: uma elementar, a qual também denomino *mortua*, considerado que nela ainda não existe movimento, mas somente a instigação ao mesmo, como é da bola no tubo ou da pedra no estilingue, mesmo quando ainda é retida por um vínculo; outra de fato é a força ordinária, associada ao movimento atual, a qual denomino *viva*. E, sem dúvida, um exemplo de força *mortua* é a própria força centrífuga, e também a força de gravidade ou centrípeta, e também a força pela qual um corpo elástico em tensão começa a cair. Mas na percussão, que nasce de um peso que cai durante algum tempo, ou de um arco que se recupera durante um tempo, ou de uma causa similar, a força é *viva*, e nascida das infinitas impulsões continuadas da força *mortua*. E isto foi o que quis Galileu quando, com enigmática forma de falar, denominou infinita a força de percussão, a saber, quando comparada com o esforço simples da gravidade. Embora o ímpeto esteja sempre unido à força *viva*, no entanto, se demonstrará, em continuação, que estas duas coisas se diferem (LEIBNIZ, 1991, p.63- 64 *apud* LINO, 2016, p.157).

Portanto, atribui-se ao movimento a força viva, de forma semelhante, atribui-se ao movimento do corpo a energia cinética. A força morta seria como o potencial que o corpo teria de realizar movimento, transformando-se em força viva, se o fizer, sendo assim, assemelha-se a energia potencial.

Vale dizer que, antes de Leibniz se dispor a defender a *vis viva* como uma grandeza fundamental de sua metafísica, Christian Huygens (1629 - 1695) contribui para as ideias referentes à conservação, nas quais Leibniz teria sofrido forte influência. Após observações cautelosas sobre o resultado da colisão entre dois corpos em movimento, como no caso de bolas de bilhar, a soma das *vis viva* de cada uma das bolas seria a mesma, tanto antes quanto após a colisão (PONCZEK, 2000).

Apesar de estar próximo do princípio da conservação de energia como conhecemos hoje, devido a falta de esclarecimento, principalmente quanto ao conceito de força, que para Leibniz seria intrínseca ao corpo, fez com que ele se afastasse desse entendimento.

É importante ressaltar que, antes da obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de Newton, o conceito de força dos séculos XVI e XVII carregava ainda um significado enviesado pela visão aristotélica, na qual a força seria a medida do movimento. Em 1686 é publicada a primeira edição da obra, em que encontramos a descrição das três leis do movimento (LINO, 2016). A saber, a primeira lei foi apresentada da seguinte forma: “todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (NEWTON, 2018, p.53)

A segunda lei, foi expressa como: “a mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida” (NEWTON, 2018, p.54).

E a terceira lei, foi exposta da seguinte forma: “a toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas” (NEWTON, 2018, p.54).

A força é então definida como:

uma ação exercida sobre um corpo a fim de alterar seu estado, seja de repouso, seja de movimento uniforme em uma linha reta. Essa força consiste apenas na ação, e não permanece no corpo quando termina a ação. Pois um corpo mantém todo novo estado que ele adquire, somente por sua inércia. Mas as forças imprimidas têm origens diferentes, tais como de percussão, de pressão e de força centrípeta (NEWTON, 2018, p. 41)

Apesar de não abordar o conceito de *vis viva* em sua obra, Newton contribuiu com o desenvolvimento do conceito de energia ao conceber a definição de força, restava somente distinguir os conceitos de força viva e força. O que levou tempo, pois as ideias newtonianas geraram uma certa confusão e não foram aderidas de início, contudo, com a utilização do princípio das forças vivas associado aos fenômenos mecânicos, tornou-se necessário diferenciar os conceitos, já que frequentemente ambos apareciam em uma única expressão (LINO, 2016).

A ideia de energia foi tomando forma na medida em que foram associados os conceitos de velocidades virtuais (trabalho) e *vis viva*, inicialmente com Johann Bernoulli, que em 1717 adere à utilização da palavra “energia” para se referir ao produto da força pelo deslocamento infinitesimal. Estabelecendo, contudo, que a *vis viva* é proveniente da ação de uma força sobre um corpo e, a *vis mortua* pode transformar-se em *vis viva* (LINO, 2016).

Posteriormente, surgiram diversas contribuições para a elucidação da confusão entre os conceitos força e energia, conforme Lino (2016): D’Alembert, com o tratado de 1743/1758, que buscava distinguir os conceitos; Daniel Bernoulli, que em 1748 relacionou o produto entre força e deslocamento com a variação da *vis viva*; Koenig, que em 1751 buscou solucionar questões de equilíbrio utilizando o princípio da *vis viva*; Euler, com o estudo das colisões não elásticas em 1752; Lagrange, que em 1788, a partir uma equação deu indícios de que uma quantidade matemática pode ser conservada se desprezadas as resistências; Lazaret Carnot, em 1786, que utilizou o princípio de conservação da *vis viva* para as máquinas térmicas; Thomas Young, que em 1807 atribuiu à *vis viva* o termo energia; Poncelet, que em 1824 define o conceito de trabalho, descreve o princípio da transmissão de trabalho em relação a variação da *vis viva* e, o utiliza para explicar o funcionamento das máquinas térmicas; Coriolis, que em

1829 descreve a *vis viva* como sendo metade do que era anteriormente ( $mv^2$ ), desse modo, relaciona-a com a quantidade disponível de trabalho em um corpo.

Por fim, o conceito de energia será criado na história, como o conhecemos hoje somente na década de 1840 com quatro cientistas de maneira independente, Mayer, Joule, Colding e Helmholtz.

Mayer, a partir de concepções metafísicas, com pouco espaço dado à experiência, chegou ao seu enunciado do princípio (MAYER, 1842). Joule e Colding, dando mais ênfase aos experimentos, chegaram ao mesmo princípio (Joule, 1884; COLDING, 1851). E finalmente, Helmholtz, um dos máximos expoentes da concepção mecanicista, chegou ao princípio de conservação fazendo relação ao modelo físico newtoniano (HELMHOLTZ, 1853 *apud* LINO, 2018, p.13-14).

Por meio desse recorte histórico que aborda parte do desenvolvimento do conceito de energia podemos perceber uma confusão entre os conceitos de força e energia, que perdura até a enunciação do princípio com os quatro descobridores mencionados anteriormente, na década de 1840. Até mesmo esses personagens chamavam ainda o conceito de energia de “força”, uma espécie de “força” da natureza que se conservaria em determinadas situações.

Esse estudo histórico também nos mostra como epistemologicamente essas dificuldades foram superadas. Com o desenvolvimento do princípio da velocidade virtual e sua relação com a ideia de transformação da *vis viva* em determinadas situações, a confusão entre os conceitos de energia e força pôde ser superada e isso permitiu todo o desfecho para o princípio de conservação. Desta forma “a reflexão sobre as perdas ou ganhos de força viva no movimento de um corpo pode contribuir com a elucidação desse obstáculo, como ocorreu historicamente” (LINO, 2016, p. 235). Transpondo didaticamente, esse mecanismo de superação pode ser utilizado por meio de exemplos que permitam a reflexão sobre as perdas e ganhos de energia cinética quando no sistema atua uma força resultante não nula por uma determinada distância (realização de trabalho). Logo, a relação entre trabalho, feita por meio da variação de energia com a força resultante não nula, dentro de um contexto histórico e problematizador, pode ser definida como um mecanismo de superação ao obstáculo epistemológico referente à confusão entre os conceitos de força e energia.

### 3. METODOLOGIA

Para atingirmos os objetivos deste trabalho, inicialmente, fizemos uma revisão bibliográfica acerca das concepções alternativas dos estudantes no que se refere ao conceito de energia (PEREZ, 1995; ASSIS; TEIXEIRA, 2003; NOGUEIRA, 2018); da teoria dos obstáculos epistemológicos, de Gaston Bachelard (BACHELARD, 1996); e dos obstáculos

epistemológicos (e didáticos) no ensino de ciências (BROUSSEAU, 1976; LINO 2016), para que pudéssemos estabelecer relações entre eles e apontar quais consequências trazem para o ensino-aprendizagem do conceito de energia.

Escolhemos dentre as concepções alternativas do conceito de energia, uma das concepções classificadas por Lino (2016) como obstáculo epistemológico: Energia como força. E a partir de então, investigamos, por meio de artigos e teses como se deu origem a esse obstáculo e quais foram os mecanismos históricos de superação utilizados pelos personagens que desenvolveram o conceito de energia (LINDSAY, 1971; PEDUZZI, 1996; NEVES, 1999; PONCZEK, 2000; ÉVORA, 2005; LINO, 2016; NEWTON, 2018). Contudo, a fim de propor uma sequência didática para a superação desse obstáculo, realizamos uma pesquisa de campo, no intuito de verificar se os estudantes possuíam concepções alternativas referentes ao conceito de energia, mais especificamente a concepção que assimila força a energia. Essa confusão está presente quando os alunos não compreendem as diferenças entre os dois conceitos mencionados anteriormente.

A pesquisa se desenvolveu através da aplicação de um questionário qualitativo (APÊNDICE A) contendo sete questões, dentre elas cinco são discursivas e duas de múltipla escolha, sendo as três primeiras perguntas referentes à experiência dos alunos com uma abordagem histórica nas aulas de Física ou Ciências, e as quatro restantes são situações problema referentes à confusão entre os conceitos de força e energia.

Como método de análise dos questionários optamos pela teoria da análise de conteúdo de Laurence Bardin (1977), que nas palavras da autora, define-se como um:

“[...] conjunto de técnicas de análise de comunicações, que utiliza 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”. (BARDIN, 1977, p.38).

De acordo com Bardin (1977) no que se refere à análise quantitativa, a informação torna-se relevante com base na frequência com que surgem certas características do conteúdo. Já na análise qualitativa, leva-se em consideração não só a presença, como também a ausência de uma certa característica de conteúdo, ou ainda, de um conjunto de características em determinado fragmento de mensagem. Dado o contexto da pesquisa, fizemos uma análise qualitativa. Sendo assim, organizamos as respostas obtidas a fim de verificar se as mesmas atendiam aos objetivos da pesquisa. Concluída esta etapa, iniciamos o processo de codificação e categorização dos dados obtidos, em que identificamos as unidades de registro e de contexto,

que são as respostas ao questionário e os trechos referentes às concepções alternativas dos estudantes acerca do conceito de energia, respectivamente.

Após verificada a existência do obstáculo epistemológico que associa força e energia, elaboramos uma sequência didática (APÊNDICE B) que traz, através de recortes históricos, as principais discussões que fomentaram o desenvolvimento do conceito de energia desde a Antiguidade, por meio da seguinte sequência:

- Começando por Aristóteles que traz as concepções de movimentos naturais e forçados;
- Passando por Galileu Galilei, que enunciou o princípio das velocidades virtuais;
- Seguindo para René Descartes e Gottfried Leibniz, que discutiram pelo título de verdadeira medida do movimento e da força de um corpo, em que o primeiro defendia ser o *momentum* e o segundo defendia ser a *vis viva*;
- Continuando com Isaac Newton, que em meio a essa discussão traz uma definição clara do que viria a ser a força, contribuindo para a distinção entre um fenômeno e outro;
- Seguindo pela contribuição de D'Alembert, que pôs fim à disputa entre Descartes e Leibniz, mostrando que tanto um, quanto o outro estavam corretos dependendo da relação utilizada no fenômeno, pois enquanto o teorema do impulso mostra que a quantidade de movimento se conserva quando relacionamos força e tempo, o teorema da energia cinética mostra que quando relacionamos a força com a distância a energia (*vis viva*) se conserva.
- Por fim, o fechamento da história se dará através das contribuições de Mayer, Joule, Colding e Helmholtz, com princípio de conservação de energia.

Após a realização da sequência didática, aplicamos um curto questionário, com duas questões discursivas, uma sobre a diferença entre força e energia e a outra sobre como a história contribuiu com discernimento em relação à confusão entre os conceitos, no intuito de verificarmos se a utilização da História e Filosofia da Ciência, como mecanismo de superação, contribuiu de fato para a desobstaculização do conceito de energia.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Tivemos 55 respostas ao questionário qualitativo, sendo 24 respostas obtidas com a turma do 3º ano do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Informática e 31 respostas obtidas com a turma do 2º ano do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Informática. Os alunos entrevistados estão na faixa de idade entre 16 e 20 anos.

Com relação às questões sobre as experiências dos estudantes com o ensino de História da Ciência nas aulas de Ciências ou nas aulas de Física, pudemos perceber que a grande maioria não teve nenhuma experiência com essa abordagem, no entanto, muitos também acreditam que utilizar essa ferramenta poderia facilitar a compreensão dos conceitos, relacionar a Ciência e a tecnologia ou tornar mais interessante e dinamizar as aulas de Física. Conforme os trechos abaixo:

*Eu acredito que a História da Ciência/Física contribui na melhor compreensão de teorias e de como ocasionaram-se. Desta maneira, é interessante que haja aulas que expliquem sobre esse âmbito. (estudante 2A7)*

*Entender como surgiram as teorias, desenvolver um senso crítico e entender a essência da física (estudante 2A11)*

*Acho que a história pode ajudar melhor na compreensão dos alunos na hora de ensinar sobre os conceitos da física, talvez deixaria a mesma mais dinâmica (estudante 3A10)*

*Entender a evolução dos métodos científicos, é um exemplo de como podemos perceber as diferentes tecnologias, lógicas e propósitos estão contidos nesse processo (estudante 3A15)*

*Acredito que a história é importante para explicar a origem, o do porquê e entre outras coisas que só se tornam possível saber atualmente pelo observar da história (estudante 3A17)*

No entanto, alguns estudantes chamaram a atenção para a utilização da História da Ciência em excesso, podendo tornar as aulas entediantes, outros não vêem como algo extremamente necessário na disciplina de Física:

*Acho que sim, embora seja interessante, ao meu ver, como curiosidade a mais. Saber ou não disso, talvez não faça diferença (estudante 2A30)*

*Sim, para os alunos poderem entender melhor os conteúdos aplicados na disciplina de ciências é necessário pelo menos um breve resumo do contexto histórico, mas em física não é necessário (estudante 2A8)*

*Eu acho que poderia contribuir um pouco para entender melhor determinados temas mas em alguns assuntos seria meio desnecessário contar toda a história (estudante 2A16)*



*A história poderia contribuir para melhor compreensão de alguns conceitos e teorias. Entretanto, pode se tornar entediante quando aplicada em excesso (estudante 2A21)*

Na segunda parte do questionário, a partir da análise das respostas conceituais sobre os conceitos de energia e força, pudemos perceber sua eficácia em verificar a existência da concepção alternativa que associa força à energia por parte dos estudantes. Devido ao objetivo deste trabalho, não temos a intenção de verificar a incidência de outras concepções alternativas, portanto, organizamos as respostas em três categorias: 1) alunos que apresentam a confusão entre força e energia; 2) alunos que conseguem distinguir os conceitos e 3) alunos que não souberam responder. Conforme os quadros 1, 2 e 3.

**Quadro 1** - Alunos que fazem confusão entre força e energia

Identificação	Questão	Resposta	Análise
2A8	4b	Como ela chutou a bola isso gerou uma força para que a bola fosse parar no telhado	Mesmo que o(a) aluno(a) não diga especificamente que a força acompanha o movimento, ele atribui, equivocadamente, à força como única causa do movimento.
3A14	4b	A força que Letícia coloca sobre a bola se transforma em energia, o que permite ela continuar em movimento	O(a) aluno(a) atribui à energia a causa da continuidade ao movimento, no entanto, se equivoca ao dizer que a força pode se transformar em energia.
2A15	4b	A bola prossegue em movimento pois a força que Letícia colocou em seu pé na hora do chute foi transferida para a bola ao entrar em contato com ela	O(a) aluno(a) se equivoca ao dizer que a força pode ser transferida de um corpo para outro.
3A13	7	A força que a bola foi lançada para fora do carro foi convertida em energia fazendo ela se movimentar	O(a) aluno(a) se equivoca ao dizer que a força pode ser convertida em energia.

3A18	7	Quando a bola foi solta pela criança, ela não possuía energia, mas a adquiriu por conta da força de atrito que também a deu energia para continuar rolando. Contudo, conforme rolava, perdeu força e energia até o momento que parou	O(a) aluno(a) se equivoca ao dizer que ao ser solta não possuía energia, e ao achar que a força de atrito poderia ser convertida em energia.
------	---	--	--

Fonte: Autores.

As respostas (conteúdo) selecionadas representam 45,45% dos alunos que responderam ao questionário inicial.

De acordo com Lino (2016), só podemos classificar um obstáculo epistemológico quando a concepção alternativa do estudante for semelhante à concepção encontrada ao longo do desenvolvimento histórico do conceito. Sendo assim, podemos classificar a concepção alternativa investigada como um obstáculo epistemológico, já que os estudantes apresentaram uma ideia em comum com Aristóteles (antiperistasis), ao inferirem que a força de atrito gera energia na bola de tênis, o que permite a continuação do movimento.

**Quadro 2** - Alunos que conseguem diferenciar os conceitos

Identificação	Questão	Resposta	Análise
2A6	4b	Acho que a energia que Letícia aplicou ao chutar a bola se transferiu pra ela, e essa energia fez com que a bola se movimentasse mesmo após perder contato com o pé da garota	O(a) aluno(a) atribuiu corretamente à energia a causa da continuidade do movimento, quando diz que a energia de Letícia foi transferida para a bola.
3A11	4b	O movimento do pé ao acertar a bola transfere energia para ela, com isso, ao parar o pé a energia continua na bola e ela se movimentará	O(a) aluno(a) relacionou corretamente a transferência da energia da garota para a bola.

3A15	4b	A energia do chute faz com que a bola voe	Apesar de utilizar a expressão "voar" para se referir à trajetória da bola, o(a) aluno(a) atribui corretamente à energia a causa do movimento.
2A13	7	É aplicada uma energia na bola e quando ela cai acontece uma força de atrito	Apesar de utilizar a palavra "aplicar" para a transferência de energia e, "acontece" para a força de atrito que age sobre a bola, o(a) aluno(a) conseguiu distinguir os conceitos.
2A14	7	Pois ao soltar a bola é aplicada uma energia e quando ela cai no chão ocorre a força de atrito	Apesar de utilizar a palavra "aplicar" para a transferência de energia e, "ocorre" para a força de atrito que age sobre a bola, o(a) aluno(a) conseguiu distinguir os conceitos.

Fonte: Autores.

As respostas (conteúdo) selecionadas representam 10,9% dos alunos que responderam ao questionário inicial.

### Quadro 3 - Alunos que não souberam responder

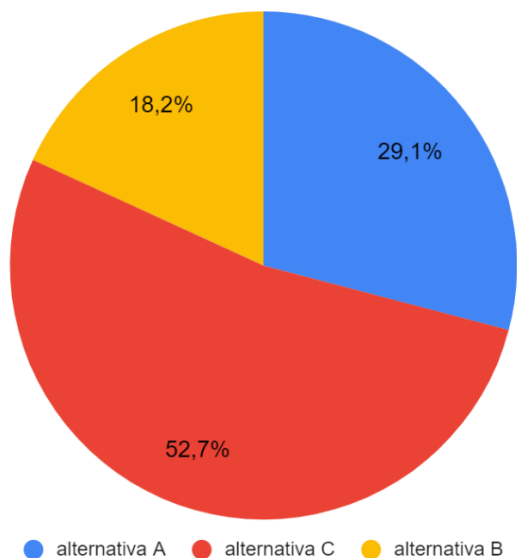
Identificação	Questão	Resposta	Análise
3A16	4b, 7	Não sei responder	Não souberam explicar as situações-problema propostas
3A12	4b, 7	Deixou em branco	
3A9	4b, 7	Não sei explicar	
3A19	4b, 7	Deixou em branco	
2A12	7	Deixou em branco	

Fonte: Autores.

Com relação às questões alternativas, muitos estudantes mostraram a confusão entre os conceitos de força e energia ao responderem as questões 5 e 6. Ao selecionarem a alternativa A da questão 5, os alunos concordam com a ideia equivocada de que a força acompanha a pedra

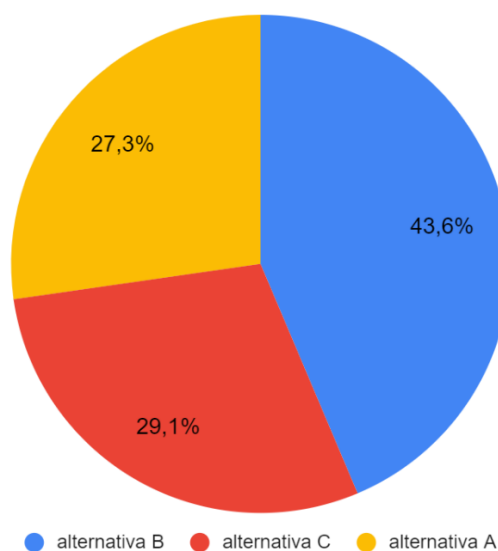
ao acertar a lata. Ao selecionarem a alternativa C da mesma questão, os alunos demonstram a confusão que fazem com os conceitos, pois concordam com a ideia de que a força pode se transformar em energia, o mesmo vale para aqueles que selecionaram a alternativa B e C da questão 6. Os gráficos 2 e 3 mostram o percentual de alunos que selecionaram as alternativas A, B ou C das questões 5 e 6, respectivamente.

Gráfico 2 - Respostas à questão 5



Fonte: Autores.

Gráfico 3 - Respostas à questão 6



Fonte: Autores.

Ao verificar que apenas três estudantes selecionaram as alternativas corretas em ambas as questões e, que estes estudantes não responderam ou não responderam corretamente às questões discursivas, reforça a ideia de que a confusão entre força e energia existe, mesmo nestes casos.

Após a aplicação do questionário qualitativo, tivemos duas aulas de 50 minutos, em ambas as turmas, para desenvolver o processo histórico do conceito de energia e realizar o fechamento, trazendo as principais definições encontradas na literatura, que conforme Lino (2016) são: uma transferência; uma equivalência; um princípio matemático; capacidade de realizar trabalho. Vale ressaltar que tais definições são válidas, no entanto, descrevem um modelo para que possamos interpretar as transformações que ocorrem em nossa realidade. O conceito de energia conforme conhecemos hoje é compreendido por meio de seus “processos de conversão e por um princípio baseado em uma quantidade imutável” (LINO, 2016, p.326). Na quarta aula, utilizamos 20 minutos para corrigir o questionário junto com os(as) estudantes e os 30 minutos restantes para aplicar o questionário final, que consistia em apenas duas questões, cujo intuito era verificar se o obstáculo investigado foi superado pelos estudantes e se a utilização da História da Ciência ajudou-os a superar essa confusão. São elas:

- 1) Explique com suas palavras qual a diferença entre o conceito de força e o conceito de energia. (Dê exemplos, se necessário);
- 2) A História da Ciência contribuiu para a sua compreensão acerca do conceito de energia? Explique como.

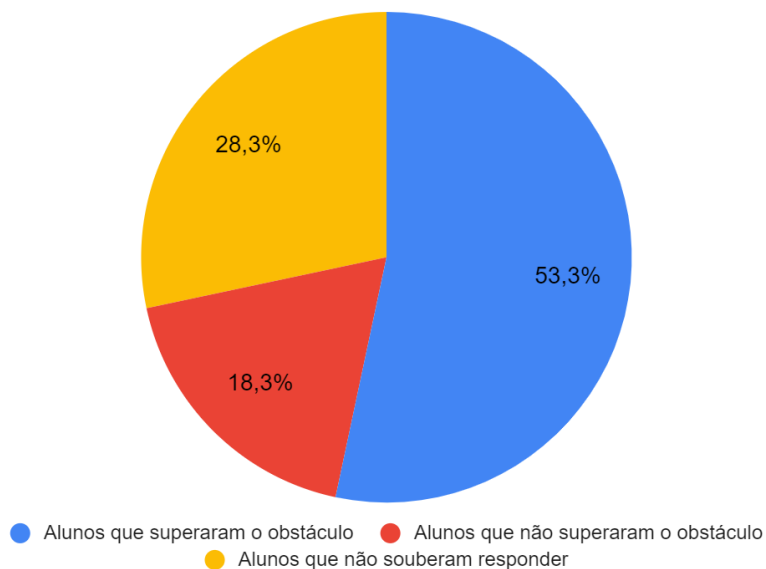
Durante o desenvolvimento do processo histórico, foi possível notar uma diferença entre as duas turmas, em uma, os estudantes participaram bastante, já na outra, não houve participação significativa. Sendo a sequência baseada não só na utilização da História da Ciência, mas também em problematizações, é fundamental que os estudantes interajam, trazendo suas concepções. Contudo, tendo em mente que, conforme as respostas ao questionário qualitativo, os estudantes não estavam acostumados com abordagens que seguem por esse viés, é compreensível que essa interação ocorra mais lentamente.

Outro fator importante seria o tempo para desenvolver a sequência didática, de fato, ainda que a transposição didática tenha simplificado alguns eventos ao longo do desenvolvimento do conceito de energia, trouxemos diversas discussões importantes, o conteúdo poderia ser melhor aproveitado se distribuído ao longo de mais aulas e, aliado à utilização dos experimentos históricos.

Após a análise das respostas à questão 1, pudemos verificar que uma grande parcela dos estudantes conseguiu distinguir os conceitos de força e energia. Novamente organizamos

as respostas em três categorias: 1) alunos que superaram o obstáculo; 2) alunos que não superaram o obstáculo e 3) alunos que não souberam responder à questão. Conforme o gráfico 4.

Gráfico 4 - Categorias de conteúdo e o percentual



Fonte: Autores.

Vale destacar algumas respostas que mostram a superação do obstáculo por parte dos estudantes:

*Em suma, a energia se conserva, podendo permanecer em um objeto e ser transformada de diversas formas. Já a força não se conserva e deve ser aplicada continuamente para um efeito contínuo (estudante 3A3)*

*Força é quando é aplicada, já a energia é quando, a partir da força aplicada, o objeto continua se movendo. Um exemplo disso é a bolinha foi solto no carro, que a partir da força aplicada pelo menino, ela ainda obteve energia para rolar até um certo ponto (estudante 3A21)*

*A força vem da interação de um objeto com outro, dessa forma, quando a interação acabar a força também acaba, como quando se empurra um sofá, quando você para de empurrar a força para. Já a energia se conserva e é transferida, como quando você empurra uma bola, você transfere energia*

*para a bola e, mesmo após ela se afastar, ela continua em movimento, pois ainda possui energia (estudante 3A23)*

*A força é a ação de um corpo sobre outro, ela não pode ser transferida, já a energia pode ser transferida de um corpo para outro, e ela é quem faz com que um corpo continue em movimento/ se movimente (estudante 2A15)*

*Força é algo que está em contato com o corpo em questão para ser aplicada, enquanto energia é o que move o corpo após a influência da força, estando relacionada ao trabalho (estudante 2A30)*

Com relação à última questão analisada, verificamos que a maioria dos estudantes afirmou que a utilização da História da Ciência ajudou-os a fazer distinção entre os conceitos, com exceção de cinco estudantes, dos quais três faltaram na primeira aula. Vale destacar algumas respostas:

*Sim. Com a apresentação de como os antigos filósofos e físicos conceituaram os temas a respeito de força e energia foi facilitado compreender o que eram esses conceitos, e entender os erros que eles cometeram também acabou ajudando (estudante 2A18)*

*Sim, pois através dela consegui compreender a evolução dos estudos da física (estudante 2A12)*

*Sim. Através dos conceitos que se desenvolveram e das discussões históricas que culminaram no conceito de energia eu pude ver os erros que foram cometidos, me levando a compreender melhor o conceito (estudante 3A23)*

*Sim, pois foi através de conhecimentos dos cientistas que este conceito foi criado e aperfeiçoado (estudante 3A21)*

*Sim, ajudou e muito! Saber o porquê das coisas é incrível. Perceber a evolução do conceito é incrível. Aprender com os erros é importante (estudante 3A15)*

## 5. CONSIDERAÇÕES

## FINAIS

O objetivo principal deste trabalho é verificar se os mecanismos de superação históricos podem ser considerados como boas estratégias de ensino-aprendizagem para o conceito de energia, levando em consideração a perspectiva da confusão existente entre os conceitos de força e energia. Para tanto, foi necessário verificar se os estudantes possuíam a concepção alternativa que associa os conceitos de força e energia, investigar os mecanismos históricos de superação deste obstáculo ao longo do desenvolvimento do conceito e, por meio de uma transposição didática, elaborar uma sequência didática que se baseasse nestes mecanismos históricos de superação, para promover a superação deste obstáculo epistemológico.

Com base nos resultados obtidos, podemos inferir que, de certa forma, a maioria dos alunos entrevistados faziam confusão entre os conceitos de força e energia, já que, em algumas questões era evidente a distinção entre os conceitos, mas em outras, a confusão se sobressaía. Também pudemos notar que a utilização da História da Ciência propiciou a desobstaculização do conceito de energia com relação ao conceito de força a uma boa parcela de estudantes, 53,3%. Logo, verificamos que utilizar os mecanismos de superação históricos transpostos didaticamente, se mostrou ser uma boa estratégia para o ensino-aprendizagem do conceito de energia.

Apesar de não fazer parte do nosso objetivo investigar outras concepções alternativas ao conceito de energia, nos deparamos com pelo menos um. Muitos alunos que conseguiram distinguir força e energia, associaram o conceito de energia somente aos fenômenos relacionados ao movimento, e que, de acordo com Lino (2016), também pode ser considerado um obstáculo epistemológico. Dessa forma, se torna necessária a realização de mais intervenções que possam proporcionar o rompimento de outros tantos obstáculos relacionados ao conceito de energia.



## 6. REFERÊNCIAS

- ALMOULOUD, Saddo Ag. **Fundamentos da Didática da Matemática**. Paraná: UFPR, 2007.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 2009.
- BROOK, A.; DRIVER, R., Aspects of secondary students 'understanding of energy, **Edit. Driver and Millar**, University of Leeds, 1984.
- BROUSSEAU, G. **Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques**. Recherches En Didactique Des Mathématiques, Grenoble, v. 4.2, p.164-198, 1983.
- BUCUSSI, Alessandro Aquino. INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE ENERGIA. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p.1-32, jan. 2007.
- DUIT, R. **Students notions about the energy concept before and after Physics instruction**, In: Proceedings of the international workshop on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge, Ludwigsburg, Germany, ed. Jung, Pfundt and Rnoneck, p. 268-319, 1981
- DEPARTMENT OF MATH AND SCIENCE EDUCATION. Teaching and Learning of Energy. In: UNIVERSITY OF BOTSWANA IN-SERVICE FOR SCIENCE AND MATHS TEACHERS, 1994, Botswana. **Workshop for science teachers of senior secondary school**. University of Botswana (Botswana): Printed by Printing & Publishing Company Botswana Limited, 1994, p. 1-24.
- ÉVORA, Fátima Regina R. Natureza e Movimento: um estudo da física e da cosmologia aristotélicas. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 15 n.1 (2005). Disponível em: <<https://philpapers.org/rec/VORNEM>>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- GILBERT, J., WATTS, D., Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives, **Science Education**, 10, pp. 61-98, 1983.
- GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, p. 43-49, 1999.
- HIGA, T. T. **Conservação de Energia: estudo histórico e levantamento conceitual dos alunos**. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Modalidade em Física) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1988.
- IGLIORI, Sonia, B.C. **A noção de “obstáculo epistemológico” e a educação matemática**. Educação matemática, Uma (nova) introdução, p. 113-142, São Paulo, Editora PUC-SP, 2008.
- LINO, Alex. O desenvolvimento histórico do conceito de energia: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física. 2016. 360 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação Para O Ensino de Ciências e A Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

LINO, Alex. O desenvolvimento histórico do conceito de energia: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física. In: 16º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, 2018, UFCG/UEPB, Campina Grande, Paraíba.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. Uma Investigação sobre a Natureza do Movimento ou Sobre uma História para a Noção do Conceito de Força. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 4, p. 543, 2000. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22\\_543.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_543.pdf)>. Acesso em: 07 jul. 2022.

NEWTON, Isaac, Sir, 1642-1727. Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural - Livro 1. 2. ed., reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2018.

PAIS, L. C. *Didática da matemática: uma análise da influência francesa*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 1, p. 48-63, 1996. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165475>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

PONCZEK, Roberto Leon. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos:  $MV$  ou  $MV^2$ ?. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 336-347, 2000. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165418>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. Experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZER, Roseli P.; ARAGÃO, R. M. R. (Orgs.) *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: V Gráfica, 2000. p. 120-153.

SOLOMON, J. Teaching the conservation of energy. **Physics Education**, London, v. 20, n. 4, p. 165-170, July 1985.

TRUMPER, R. Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept part two. **International Journal of Science Education**, vol. 13, n. 1, p. 1-10, 1991.

## APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO QUALITATIVO

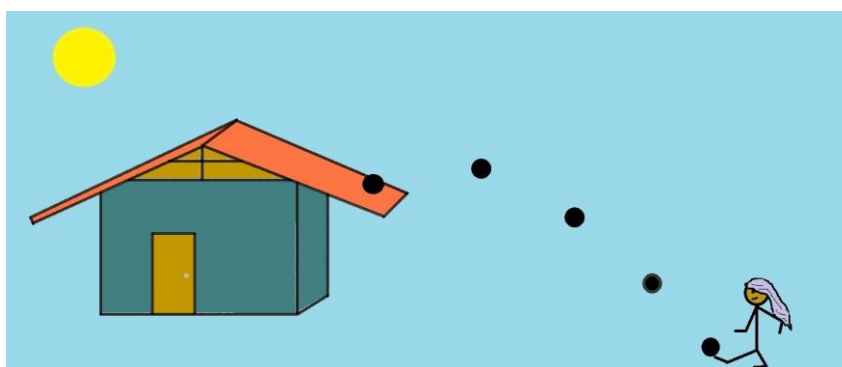
### CONCEPÇÕES PRÉVIAS SOBRE O CONCEITO DE ENERGIA

NOME: \_\_\_\_\_

SÉRIE/CURSO: \_\_\_\_\_ IDADE: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

- 1) Você diria que a história da ciência/física tem alguma importância para a aprendizagem de ciências/física?
- 2) Como você acha que a história poderia contribuir para sua aprendizagem em aulas de ciências/física?
- 3) Relate brevemente caso tenha experimentado algum episódio em que a história da ciência/física te ajudou.
- 4) Em um dia ensolarado, Letícia resolve treinar a marcação de pênaltis em seu quintal, no primeiro chute, a garota acerta o telhado do vizinho. Ao pensar na explicação que terá que fazer à sua mãe, Letícia se pergunta como conseguiu tal façanha, e ainda, sobre como a bola consegue seguir sua trajetória após o chute.
  - a) O desenho abaixo representa a bola indo em direção ao telhado. Neste momento do movimento desenhe os vetores força (podem ser utilizadas flechas para representá-las) que existem indicando o nome de cada uma delas.
  - b) Pense com Letícia e explique como a bola prossegue em movimento após perder contato com o pé da garota.



Fonte/Imagem: Próprio autor.

- 5) Pedro e seus amigos estão competindo para ver quem acerta a lata com uma pedra, utilizando um estilingue. Ao puxar a malha para trás e soltar, a pedra do rapaz é lançada

e, após uma fração de segundos, atinge a lata, que cai no chão. Assinale a alternativa que melhor contempla a situação descrita.

- a) Ao puxar a malha para trás, Pedro aplica uma força no elástico, e a força é transferida para a pedra, que, acompanhando o movimento do corpo, no fim acerta a lata.
  - b) Ao puxar a malha para trás, Pedro está transferindo energia para o sistema (estilingue + pedra), quando a malha é solta a energia do sistema é transferida para a pedra permitindo que se mova até a lata.
  - c) Ao puxar a malha para trás, Pedro aplica uma força no elástico, a força se transforma em energia, que é transferida para a pedra quando a malha é solta.
- 6) Analisando o bungee jumping, podemos notar que num primeiro instante, a pessoa que salta entra em queda livre, num momento posterior, a corda está completamente esticada, num próximo momento, a corda se deforma e a pessoa alcança o ponto máximo da descida, imediatamente em seguida, a pessoa inicia a subida. Assinale a alternativa que explica corretamente quais transformações de energia ocorrem em cada etapa, desprezando-se os atritos.
- a) Inicialmente a pessoa possui energia potencial gravitacional, que, durante a queda, se transforma em cinética, no ponto máximo de descida, a energia se transforma em energia potencial elástica e, ao iniciar a subida, a energia se transforma em cinética.
  - b) Inicialmente a pessoa não possui energia, a força peso faz com que a pessoa adquira energia potencial gravitacional que, no ponto máximo de descida, se transforma em energia cinética e, em seguida, se transforma em força elástica, depois, se transforma em energia potencial elástica.
  - c) Inicialmente a pessoa possui energia potencial gravitacional, que, durante a queda se transforma em força peso e, no ponto máximo de descida, se transforma em força elástica, depois se transforma em energia potencial elástica.
- 7) Um carro passava pela Avenida Rio Branco em Caraguatatuba com as janelas abertas, quando a criança no banco de trás deixa sua bola de tênis cair pela janela. A bola rola até uma certa distância e para após alguns segundos, devido à força de atrito. Como a força e a energia se manifestam neste fenômeno? Explique em termos de força e energia o que acontece quando a bola para.

## APÊNDICE B - SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Público-alvo: Ensino Médio ou equivalente

Quantidade de aulas previstas: 04 aulas (03 horas e 20 minutos)

Inicialmente faremos uma breve apresentação da presente pesquisa, explicando como será a dinâmica das etapas a seguir, mostraremos três vídeos que descrevem as situações-problema propostas no questionário qualitativo, faremos a leitura de cada questão, para excluir as possíveis dúvidas de interpretação, sendo assim, aplicaremos o questionário qualitativo, a fim de verificar se os alunos possuem os obstáculos referentes ao conceito de energia. (tempo estimado: 50 min)

Em seguida, a aula será iniciada com uma problematização baseada na questão 4, como: Todos(as) que estão aqui presentes já tiveram a experiência de chutar uma bola? Prosseguindo, o que aconteceu quando chutaram a bola? Já pararam pra pensar em como uma bola é projetada no ar? O que a mantém em movimento?

### **Breve história de Aristóteles sobre a antiperistasis e o trabalho virtual**

Após o início da discussão, através de alguns slides, faremos introdução ao estudo do movimento na Antiguidade, em que o foco principal será explicar como Aristóteles entendia o movimento, relacionando, se possível, com a forma como os alunos entendem o movimento (no caso de eles pensarem como o filósofo). Neste momento, seria interessante trazer a visão Aristotélica do mundo, através da ideia de que a Terra seria composta pelos quatro elementos, passando pelos dois tipos de movimento, os naturais e os forçados. Voltando, posteriormente na questão, para explicar como ocorre o fenômeno, segundo a perspectiva de Aristóteles. Falar brevemente de quem é Aristóteles e seu importante trabalho na Física. Trazer o exemplo da flecha (imagens) mostrando como Aristóteles pensava que a força deveria acompanhar o movimento (ideia anti inercial).

Em seguida, mencionaremos algumas contribuições de Galileu para o estudo do movimento, mostraremos que ele tinha a percepção de algo deveria se conservar no movimento (dar exemplos do pêndulo: quando solto de uma determinada altura, este chegaria no máximo à mesma altura do lado oposto; exemplo do plano inclinado, etc) Porém, mostraremos também que, embora Galileu não tenha definido o conceito, chegou em uma importante ideia sobre o trabalho virtual (Princípio das velocidades virtuais) que culminará no desenvolvimento do conceito de trabalho muitos anos depois.

Explicar o conceito de trabalho virtual por meio de exemplos com alavancas e/ou polias: o que se ganha em força, se perde em velocidade, distância, rapidez, tempo etc. Em geral não podemos enganar a natureza (não existe moto perpétuo).

### **Vis viva x momento**

Na sequência, traremos uma importante discussão acerca da verdadeira medida do movimento e da força de um corpo, entre René Descartes e Gottfried Leibniz, em que o primeiro defende o *momentum* e o segundo defende a *vis viva*. Aqui vale ressaltar a importância da definição do conceito de força por Newton, que possibilitou a distinção entre este e o conceito que, mais tarde, viria a ser conhecido como energia. Traremos alguns trechos do artigo “A POLÊMICA ENTRE LEIBNIZ E OS CARTESIANOS: MV OU MV<sup>2</sup>?”. Apresentaremos os personagens dessa disputa e, em seguida, mostraremos a intenção de que ambos tinham o objetivo de definir um conceito que se conservaria no universo e que também seria a verdadeira medida do movimento e da força de um corpo.

Dando continuidade, a história mostra como D’Alembert deu fim à controvérsia entre os cartesianos e os Leibnizianos. Ambos estavam corretos a depender da relação utilizada no fenômeno. O teorema do impulso mostra que existe conservação da quantidade de movimento quando relacionamos força e tempo. E o teorema da energia cinética mostra que existe conservação da energia (*vis viva*), quando relacionamos a força com a distância. (tempo estimado: 50 min)

Aqui entra um exemplo para mostrar a diferença existente entre a força e a energia:

Uma pessoa quer deslocar um cofre que está inicialmente em repouso e em uma determinada posição na casa para outro cômodo a 10m de distância (medido em linha reta). Desprezando os atritos, para realizar essa tarefa ele precisará aplicar uma força constante de 50N no cofre.

- a) Qual foi a energia transferida da pessoa para o cofre durante todo esse trajeto?
- b) Qual é a força resultante sobre o corpo durante o trajeto?
- c) Quais foram as condições necessárias para que a pessoa realizasse esse trabalho?
- d) Consegue diferenciar os conceitos de força e energia nesse exercício? Explique.

Mostrar para os alunos que existe a diferença entre a força e a energia. Nessa situação a força foi aplicada por um agente externo e perdurou por uma determinada distância. Por meio da aplicação dessa força com deslocamento houve uma transferência de energia do agente externo para o corpo. O agente externo realizou trabalho sobre o corpo, a energia gasta pelo agente externo foi transferida ao corpo. Perguntar aos alunos se nesse exemplo eles conseguiram notar as diferenças entre os conceitos de força e energia?

### Fechamento da história

Mostrar o quadro 12 da página 235 do trabalho de Lino (2016) como uma linha do tempo:

Johann Bernoulli	Em 1717 introduz a palavra energia para designar o produto da força pelo deslocamento infinitesimal. Em 1724 infere que a <i>vis viva</i> pode ser adquirida pela ação de uma força sobre o corpo. Também mostra que <i>vis mortua</i> pode se transformar em <i>vis viva</i> .
D'Alembert	Com seu tratado de 1743/1758 inicia o esclarecimento sobre as diferenças entre os conceitos de força, quantidade de movimento e <i>vis viva</i> , concebendo a força como causa. Tanto a quantidade de movimento quanto a <i>vis viva</i> podem ser utilizadas para medir a força, quando relacionadas com o tempo e a distância, respectivamente.
Daniel Bernoulli	Em 1748 desenvolveu uma expressão que relaciona a variação da <i>vis viva</i> com o produto entre a força e o deslocamento. Com ele a função potencial começa a ser desenvolvida matematicamente e relacionada a <i>vis viva</i> . Também deixou claro que a variação da <i>vis viva</i> é devido a ação de uma força.
Koenig	Em 1751 derivou a lei de que o total de <i>vis viva</i> de um sistema de partículas é igual a <i>vis viva</i> do centro de massa. Tentou, sem sucesso, aplicar o princípio da <i>vis viva</i> para problemas de equilíbrio.
Euler	Em 1752, tomando como base a mecânica newtoniana, demonstra matematicamente que a perda de <i>vis viva</i> em uma colisão não elástica é devido a força de interação entre os corpos. A medida da deformação dos corpos multiplicada pela força fornece a variação da <i>vis viva</i> .
Lagrange	Em 1788 induz que deve existir conservação da <i>vis viva</i> somente se não houver variação no valor da função potencial. Também introduz uma equação que satisfaz a conservação da energia mecânica do sistema. Apesar de não ter deixado explicação física dessa quantidade, fornece um início de uma ideia de que uma quantidade matemática deva se manter constante em sistemas que são desprezados as resistências.
Lazaret Carnot	Em 1786 aplica o princípio da conservação da <i>vis viva</i> para as máquinas. Faz diferenciação entre a força e <i>vis viva</i> , e fornece uma sugestão de nomenclatura para a quantidade peso x altura, denominando-a de força viva latente. Ainda nos deixa uma relação entre a <i>vis viva</i> e a força latente, como podendo uma transformar na outra.
Young	Em 1807 utilizou o termo energia para designar <i>vis viva</i> . Define força como algo extrínseco ao corpo podendo ser estimada em relação ao momento ou à energia. Afirma que o trabalho gasto na produção de qualquer movimento é proporcional à energia e não ao momento do corpo. Utiliza suas ideias para explicar o problema de percussão que Galileu deixara em aberto.
Poncelet	Em 1824 fornece uma definição da grandeza física trabalho; enuncia o princípio de transmissão de trabalho em relação a variação de <i>vis viva</i> ; aplica o princípio antes enunciado para o funcionamento das máquinas.
Coriolis	Em 1829 utiliza o termo <i>vis viva</i> como metade da quantidade que até então era utilizada ( $mv^2$ ). A <i>vis viva</i> passa a significar a quantidade de trabalho disponível em um corpo. Faz ainda uma relação entre a <i>vis viva</i> e a <i>vis viva</i> latente, chegando muito próximo da equação de conservação da energia mecânica.

Falar brevemente como Mayer, Joule, Colding e Helmholtz chegaram no princípio de conservação de energia (falar que estes também faziam confusão entre os conceitos de força e energia):

Uma causa que provoca a subida de um peso é uma força. O seu efeito, o peso levantado, é também uma força. Em termos mais gerais, isto significa que a separação espacial de objetos ponderáveis é uma força. Como esta força produz a queda do objeto, vamos chamá-la de força-de-queda, ou a força associada a quedas. Força-de-queda e queda, ou, de forma mais geral, força-de-queda e movimento são forças relacionadas entre si como causa e efeito. São forças que podem ser transformadas uma na outra; são duas manifestações da mesma entidade. Por exemplo, um peso em repouso no chão não é uma força; não é a causa de um movimento nem a causa da elevação de algum outro peso. No entanto, ele se torna uma causa deste tipo se for erguido acima do chão. A causa, o deslocamento do peso em relação à terra, e o efeito, a quantidade de movimento que é produzida, guardam uma relação constante entre si, como mostra a mecânica (MAYER, 1842, p.1).

Falar brevemente sobre os experimentos de Joule, como o do equivalente mecânico do calor. (tempo estimado: 30 min)

Resolver o restante das questões do questionário. (tempo estimado: 30 min)

Aplicar o novo questionário (máx de 3 questões): uma delas sendo obrigatoriamente sobre a diferença entre força e energia. Como a história contribuiu com discernimento em relação à confusão entre força e energia (caso o aluno tivesse). (tempo estimado: 40 min)

### **Resolução das questões**

Para iniciar a discussão traremos novamente a questão 4, para que os alunos indiquem as transformações de energia que ocorrem na situação observada. Em seguida, traremos a questão 5 com uma representação (desenho) dos instantes a serem analisados. No primeiro instante o estilingue estará com seu elástico frouxo; no segundo instante o elástico sofrerá uma deformação inicial; no terceiro instante o elástico estará completamente esticado; no quarto instante a pedra acoplada à malha adquire uma velocidade contrária ao sentido em que estava sendo puxada. A cada instante da situação descrita, os alunos serão questionados sobre as forças que atuam no sistema e quais as transformações de energia ocorrem. Na questão 6, faremos da mesma forma, trazendo uma representação dos instantes a serem analisados, para que os alunos possam reconhecer quais fenômenos ocorrem durante o processo. Por fim, na questão 7, além de esquematizar as etapas, é importante solicitar aos alunos que indiquem os fatores que interferem para que a bola, em determinado momento, cesse seu movimento e, o que acontece com a energia do sistema quando isso ocorre.