

# Trajетória Histórica para a Compreensão da Energia e Concepções de Licenciandos de Química e Física sobre esse conceito

José Euzebio Simões Neto<sup>1,2</sup> (PG)\*, Edenia Maria Ribeiro do Amaral<sup>1,2</sup> (PQ)  
[euzebiosimoes@gmail.com](mailto:euzebiosimoes@gmail.com)

1. Departamento de Química – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife, Pernambuco.

2. Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife, Pernambuco.

*Palavras-Chave: Energia, Conservação de Energia, Desenvolvimento Histórico.*

**RESUMO:** O presente trabalho busca traçar uma trajetória histórica para o desenvolvimento histórico do conceito de energia, tomando esta como base para compreender concepções de licenciandos de Química e Física. Originalmente uma ideia metafísica aristotélica, o conceito de energia foi introduzida na ciência por Thomas Young, em 1807, e apresentou um processo de desenvolvimento marcado por disputas, como a controvérsia da vis-viva e a controvérsia fluido-movimento. Ainda, a busca por um equivalente mecânico do calor, simultaneamente por quatro cientistas europeus, representou interesse profundo pelo estabelecimento da conservação da energia. A partir de uma pergunta única - “o que você entende por energia?” -, buscamos identificar algumas concepções que estudantes da licenciatura em Química e Física expressam sobre o conceito de energia. Percebemos que algumas concepções que encontram sentido em contextos históricos podem se assemelhar a concepções informais para energia que emergem nas respostas dos estudantes, e a compreensão do contexto histórico poderá contribuir para que futuros professores possam discutir melhor esse conceito com seus estudantes.

## INTRODUÇÃO

Energia é um termo relacionado a contextos científicos, embora seja também usado em contextos cotidianos: comer para ter energia, buscar novas fontes energéticas, pagar a conta de energia, entre outras. Trata-se de uma palavra com muitos usos (BURATINI, 2008), e que pode assumir distintos significados, para um mesmo indivíduo e também para indivíduos diferentes, ou seja, é um conceito polissêmico.

Na etimologia, energia vem do grego *energeia*, que pode ser interpretado como “na situação de trabalho”, um dos principais elementos da metafísica aristotélica (MARTINEZ, 2008). Sua incorporação aos estudos da ciência ocorre em 1807, por meio dos trabalhos de Thomas Young (1773-1829), sendo definida como a capacidade de realizar trabalho, enunciado ainda bastante usado nos livros didáticos de ciências atuais.

De acordo com Sevilla Segura (1990), as características centrais do conceito de energia nos levam a considerar suas múltiplas perspectivas e a pluralidade de significados em diferentes contextos. Energia é um conceito abstrato, que unifica uma quantidade de fenômenos em torno de sua compreensão e que, no curso da história, passou por mudanças de significados, até chegar à compreensão científica atual. Concordamos com Souza (2007), quando afirma que a formulação do conceito científico de energia não ocorreu de forma direta, como se a primeira lei da termodinâmica já estivesse estabelecida, apenas aguardando seu descobridor.

Neste trabalho, que constitui parte de uma pesquisa mais ampla em nível de

doutorado, temos como objetivo traçar uma trajetória histórica para o desenvolvimento do conceito de energia, visando ter um parâmetro para compreender concepções apresentadas por licenciandos de Química e Física. Não buscamos realizar um apanhado histórico exaustivo, em uma perspectiva historiográfica, mas uma reconstrução racional da história, para identificar concepções sobre energia e traçar uma trajetória de desenvolvimento desse conceito. Por isso, recorreremos a fontes históricas secundárias, entendidas como estudos historiográficos e biográficos a respeito de determinado período ou contexto investigado (MARTINS, 2005).

## UMA TRAJETÓRIA HISTÓRICA PARA O CONCEITO DE ENERGIA

### 1. Energeia – a gênese do termo energia

Consideramos o surgimento dos filósofos pré-socráticos como o marco zero da história que aqui buscamos discutir. Tais pensadores foram os responsáveis pela substituição do *mythos* pelo *logos*, ou seja, da mitologia pela lógica. Esses se apresentavam como mensageiros dos Deuses e portadores da verdade, e estavam principalmente preocupados com a compreensão da natureza, com destaque para o questionamento sobre a composição de todas as coisas. Neste aspecto, destacamos a escola jônica, Empédocles e os atomistas (MACIEL-JR., 2003).

Os jônicos buscavam compreender a composição de todas as coisas a partir do estabelecimento de uma arché, que podemos entender como o princípio formador de tudo. Empédocles (490 a.C.-430 a.C.) propôs que eram quatro os princípios formadores de todas as coisas: terra, fogo, ar e água. Ainda, Leucipo (500 a.C.) e Demócrito (460 a.C.-370 a.C.) propuseram a ideia de átomo, como porção mínima e indestrutível da matéria. (MARTINEZ, 2008).

Destacamos o papel fundamental de Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) como grande sistematizador do conhecimento grego sobre a natureza. Aristóteles procurou explicação para algumas questões relacionadas com a natureza, e destacou como primeiro princípio para a natureza o movimento: todo movimento exige uma causa, que determina a passagem da potência (*dinamis*) ao ato (*energeia*). Esses dois conceitos são centrais no pensamento aristotélico e se relacionam, pois, “a matéria é potencialidade pura, *dinamis*, que vem realizada de virtudes da energeia quando passa ao ato da forma” (ORNELLAS, 2006, p. 14).

Para entender melhor essa relação buscamos o exemplo dado por Buratini (2008), acerca das máquinas gregas, movidas por homens ou animais: as máquinas, por si só não realizam nada, mas podem realizar (*dinamis*) quando algo é transferido pelo homem ou outro animal para ela, que passa ao ato (*energeia*). Segundo Puente (1995, p. 399), energeia foi definida por Aristóteles como “o existir da coisa, mas não como quando dizemos que está em potência”.

### 2. O Complexo Força-Energia e a Controvérsia da Vis-viva

O pensamento aristotélico volta a ter destaque, após um período longo de esquecimento e oposição da igreja católica, com Tomás de Aquino (1225-1274), que desenvolveu interesse pela obra e percebeu a necessidade da igreja em aceitá-la (CHASSOT, 1994; ORNELLAS, 2006). Surgia assim a Escolástica, releitura das obras de Aristóteles numa perspectiva cristã. As escolhas de Tomás de Aquino conduziam o pensamento acerca da natureza no sentido de uma racionalização matemática, o que

foi fundamental para o estabelecimento do chamado complexo força-energia, reunião de ideia sobre o movimento que foram separadas nos conceitos de força e energia de maneira progressiva. (VINCENT e STENGERS, 1992).

O desenvolvimento de ideias relacionadas ao complexo força-energia passa pela controvérsia da *vis-viva* (SMITH, 2006), ou seja, a disputa entre Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) e sua concepção de *vis-viva* e os seguidores das ideias de René Descartes (1596-1650), defensores da quantidade de movimento, para a verdadeira medida do movimento e da força de um corpo (RAMOS e PONCZEK, 2011).

Galileu Galilei (1564-1642), considerado como um dos responsáveis pelo estabelecimento da ciência moderna, fazia referência a uma grandeza que chamou de ímpeto, e que pode ser entendida como o poder interno, implantado em um corpo por outro que inicia o movimento, chamado de propulsor, que permite o seu movimento contínuo (GARCIA e MAURÍCIO, 2005). Baseado na questão do ímpeto, o cientista holandês Christiaan Huygens apresenta em 1669, na *Royal Society of London* a ideia de que, numa colisão entre corpos, o que se conserva é a soma dos produtos entre a massa e o quadrado da velocidade ( $m \cdot v^2$ ), que foi chamada de *vis-viva* por Leibniz, em 1686, em artigo publicado na *Acta Eruditorum* (ORNELLAS, 2006; SMITH, 2006; BUCUSSI, 2007).

No entanto, vinte e cinco anos antes de Huygens anunciar suas ideias, Descartes, ao estudar o movimento dos corpos, introduziu o termo quantidade de movimento, no sentido de uma força que atua sobre um corpo em movimento, e que podemos entender como o produto entre a massa do corpo e a velocidade –  $m \cdot v$  (SMITH, 2006; RAMOS e PONCZEK, 2011).

Atualmente, essa controvérsia pode ser entendida como a disputa entre a conservação do momento linear ( $m \cdot v$ ) e a conservação da energia cinética – atualmente  $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ , sendo o fator  $\frac{1}{2}$  introduzido por Gaspard de Coriolis (1792-1842), ao relacionar a *vis-viva* ao trabalho. A energia potencial, outra forma de energia relacionada ao complexo força-energia, só surge nos trabalhos de Lazare Carnot (1753-1832), sobre a *vis-viva* latente, ao afirmar que todo corpo, em uma determinada altura com relação ao referencial zero, possuía *vis-viva*, uma vez que ao cair, entrava em movimento (BUCUSSI, 2007). Desta forma, podemos identificar uma concepção de energia associada ao movimento, e que pode estar contida nos corpos.

### 3. O Calor: Fluido ou Movimento?

O interesse do homem pelo calor é remoto, na pré-história, quando através do fogo o homem conseguia se proteger do frio, afastar feras e cozinhar seus alimentos. O fogo pode causar a combustão, fenômeno explicado no século XVII pela teoria do Flogisto, associada a Joachim Becher (1635-1682) e Georg Stahl (1659-1734). O flogisto pode ser entendido como um fluido, contido em todos os corpos passíveis de combustão, e que é liberado durante a queima (VINCENT e STENGERS, 1992; CHASSOT, 1994).

A partir dos trabalhos do químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), descobridor do oxigênio (existem controvérsias históricas com relação a essa descoberta, atribuída também a Priestley e Scheele), a teoria do flogisto sobre abalos. Ele demonstrou que a combustão poderia ser explicada pelo oxigênio presente no ar (TOSI, 1989). Na sua obra, Tratado Elementar de Química, de 1789, Lavoisier apresenta uma proposta de classificação para substâncias químicas conhecidas (cerca

de vinte e três), incluindo entre elas o calor, chamado de calórico, imprimindo uma visão substancialista, que entende o calor como substância material (AMARAL e MORTIMER, 2001; GRIBBIN, 2005; BUCUSSI, 2007).

No desenvolvimento da ideia de calor, destacamos a contribuição de outro francês, Joseph Black (1728-1799), cujos experimentos levaram a algumas grandezas e termos utilizados até hoje (caloria, capacidade calorífica) e o primeiro a distinguir calor e temperatura. Black percebeu que substâncias diferentes atingem temperaturas diferentes, quando aquecidas pela mesma quantidade de calor. Desta forma, estabeleceu, em 1760, a relação entre a quantidade de calor e a variação de temperatura (BUCUSSI, 2007). As contribuições de Black e outros cientistas deram origem a teoria do calórico, que explicava fenômenos como a dilatação dos corpos quando aquecidos e a transferência de calor – as “partículas de calor” se repeliam mutuamente, expandindo o volume do corpo, ou se espalhavam de um corpo para outro em contato (SILVER, 2008). Nessa perspectiva, o calor era tratado como algo material.

Outra visão sobre o calor, relacionando este ao movimento, era também defendida por vários cientistas da época, entre eles Francis Bacon (1561-1626) e Robert Boyle (1627-1691), em trabalhos publicados, respectivamente, em 1620 e 1650 (ORNELLAS, 2006).

Essas duas formas de pensar a natureza do calor direcionam a uma segunda controvérsia relacionada ao desenvolvimento do conceito de energia, que vamos chamar de **controvérsia fluido-movimento**. De um lado, os defensores da teoria do calórico, e do outro, os que pensavam o calor como produto do movimento interno das partículas de um corpo.

Essa controvérsia começou a ser esclarecida a partir do trabalho do inglês Benjamin Thomson, o conde Rumford (1753-1814), desenvolvido em 1798, quando este trabalhava como supervisor de uma fábrica de canhões em Munique. Ao observar a fabricação da peça principal da arma, Rumford observou que o atrito produzido pela broca em contato com o metal produzia aquecimento suficiente para colocar em ebulição uma quantidade de água usada para resfriar o sistema (BRICCIA e CARVALHO, 2011; GOMES, 2012).

Rumford era adepto da teoria do calórico, ou seja, pensava que existia uma porção finita de calórico armazenada no metal. No entanto, enquanto a broca girasse, o calor era infinito. Suas conclusões sobre o experimento são apresentadas a seguir:

Mas é preciso adicionar que qualquer coisa que um corpo isolado, ou sistema de corpos, pode continuar a fornecer sem limitação, não pode de maneira alguma ser uma substância material; E parece-me ser extremamente difícil, senão impossível, formar qualquer ideia distinta de qualquer coisa que seja capaz de ser excitada e comunicada, de maneira pela qual o calor foi excitado e comunicado nestes experimentos, a não ser que ela seja movimento. (THOMSON, 1798, apud MAGGIE, 1935, p. 160-161)<sup>1</sup>.

Um ano depois, na mesma direção do observado por Rumford, Humphry Davy (1778-1829) realizou um experimento no qual duas pedras de gelo derretiam quando atritadas uma à outra, a partir de mecanismos elaborados que evitavam o contato com o ambiente. Sendo a capacidade térmica da água maior que a do gelo, logo, não se

---

<sup>1</sup> A tradução utilizada foi realizada pelo Prof. Oswaldo Pessoa Jr., em material utilizado na disciplina Tópicos de História da Física Moderna, na USP, no ano de 2004.

poderia atribuir o aumento da temperatura à diminuição da capacidade térmica. Ainda, a composição química do sistema permaneceu constante. A conclusão de Davy foi que a fricção causava uma vibração nas partículas do material, e isso era o calor (SILVER, 2008; PULIDO e SILVA, 2011).

Esses resultados não chegaram a determinar a derrocada da teoria do calórico (GOMES, 2012), mas podem ser considerados como a base para o surgimento de uma teoria dinâmica do calor (GRIBBIN, 2005; ORNELLAS, 2006; SILVER, 2008). Na metade do século XIX alguns cientistas procuraram determinar o que chamamos de equivalente mecânico do calor, ou seja, buscaram demonstrar que o trabalho mecânico poderia ser convertido em calor (SILVER, 2008), sendo então equivalentes. Essa busca pode ser entendida como a procura pela junção das ideias acerca da energia advindas da mecânica (relacionada com o complexo força-energia) e da termodinâmica (relacionada ao calor).

#### 4. A Busca Pelo Equivalente Mecânico do Calor

Consideramos que a primeira proposta de um equivalente mecânico do calor é de Julius Robert Mayer (1814-1878), trabalhando com os calores específicos de diferentes gases, em trabalho submetido a revista *Annalen der Physik*, em 1842, que, no entanto, foi recusado, mas publicado posteriormente em outro periódico (SILVER, 2008; COELHO, 2009).

Outra proposta foi apresentada em um encontro científico, por Ludwig August Colding (1815-1888), um ano depois, porém só publicada efetivamente em 1856. Trabalhando com a fricção de sólidos, usando um trenó, Colding realizou uma série de dez experimentos, variando a composição material dos trilhos (latão, zinco, chumbo, madeira e ferro) e o peso do trenó. Na montagem, um dinamômetro media a força motriz ao puxar o trenó, enquanto que sensores baseado na dilatação dos materiais do trilho podiam medir o calor. A quantidade de calor produzida era proporcional à força motriz que cessa, tornando possível a conclusão: “as forças da natureza não se perdem, apenas se transformam em outras formas” (MELO, 2014, p. 23).

Apesar do pioneirismo de Mayer nesta questão e da proposta de Colding, a história da ciência coloca o trabalho realizado pelo inglês James Prescott Joule (1818-1889), em 1843, como determinante para o estabelecimento do equivalente mecânico do calor. Segundo Souza, Silva e Araújo (2014), essa preferência se deve à forma mais prática utilizada por Joule.

O sistema montado por Joule era simples: um corpo preso a um sistema com corda e polia, interligado a um sistema de paletas livres para girar, que por sua vez estava parcialmente imersa em um recipiente com água. Quando o corpo cai, devido ao peso, as paletas do sistema giram e agitam a água. Ao chegar ao chão, o corpo perdeu sua energia potencial, mas a temperatura da água aumentou. (ORNELLAS, 2006; COELHO, 2009; SOUZA, SILVA e ARAÚJO, 2014). Desta forma, o cientista conclui que as pás que se movem atingem as moléculas de água, aumentando a sua velocidade e, por consequência, a temperatura da substância – “o trabalho mecânico, produzido pela massa cadente ao acionar as pás, poderia ser convertido em calor (SILVER, 2008). A intencionalidade do trabalho era também quantitativa, e o valor obtido por Joule foi de 4,184 J de trabalho, para 1 caloria de calor.

Os resultados de Joule foram apresentados à *British Association*, ainda em 1843, e recebidos com diferentes ânimos pelos cientistas da época. Numa nova

tentativa, em 1847, a presença na plateia e o interesse de William Thomson, Lorde Kelvin (1824-1907), contribuiu fortemente para que suas ideias fossem consideradas pela comunidade científica.

Neste mesmo ano, o médico e físico alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) submeteu artigo à mesma revista *Annalen der Physik*, considerando que calor e trabalho são equivalentes e que a energia é conservada em qualquer processo. Novamente, a revista recusou o trabalho, o que levou Helmholtz a publicá-lo de maneira independente, arcando com os custos de publicação (ORNELLAS, 2006; SILVER, 2008).

As múltiplas enunciações acerca deste princípio é um dos principais exemplos de descobertas independentes simultâneas, como afirma Kuhn:

Entre 1842 e 1847, a hipótese da conservação de energia foi anunciada ao público por quatro cientistas europeus amplamente dispersos – Mayer, Joule, Colding e Helmholtz. Todos eles, exceto o último, trabalhavam em completa ignorância dos outros. (KUHN, 2011, p. 89)

Os estudos que relacionam o equivalente mecânico do calor, e estabelecem trabalho e calor como equivalentes e conversíveis entre si, foi chamado inicialmente de princípio da equivalência, atualmente **princípio da conservação da energia**, um dos pilares de sustentação das ciências naturais (COELHO, 2009). Neste sentido, destacamos os trabalhos de Rudolf Clausius (1822-1888), em publicações diversas a partir de 1850 (BRITO, 2008).

## 5. A Conservação da Energia

O estabelecimento do princípio da conservação de energia modificou a questão central de organização das ciências, principalmente da física: a preocupação anterior com as forças que atuam sobre o corpo e o movimento perdem uma posição de destaque, e esta é ocupada pelo conceito de energia (BESAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992).

Podemos entender o princípio da conservação da energia ao entender que, em todo e qualquer processo, a energia não pode ser criada ou destruída, mas unicamente transformada (BURATINI, 2008). A primeira lei da termodinâmica pode ser compreendida a partir do enunciado: “existe uma certa quantidade de energia no universo e nunca podemos aumentá-la ou reduzi-la” (SILVER, 2008).

Uma boa descrição da conservação de energia pode ser encontrada nas obras de Richard Feynman (1918-1988), que considerava a energia notoriamente matemática e abstrata. Feynman (2001) aponta que, na ciência, existe um fato ou lei, da qual não se conhece nenhuma exceção, chamado de conservação da energia, ou seja, existe uma certa quantidade de algo, chamado energia, que não se modifica nas múltiplas modificações pelas quais passa em diferentes fenômenos e processos. Para ilustrar sua colocação, Feynman pede para considerar uma criança, que ele chama de Dênis, o Pimentinha, dono de vinte e oito cubos de brinquedo indestrutíveis, com os quais brinca todos os dias. Ao final da tarde, a mãe de Dênis recolhe todos os cubos, e sempre são vinte e oito. Até que em um dia, apenas 27 cubos são contados. Porém, ao olhar embaixo do tapete, a mãe de Dênis encontra outro. Outro dia, são encontrados trinta cubos, porém, dois não pertenciam a Dênis, mas a Bruce, que tinha ido brincar e esqueceu os cubos na casa do amigo. Em tempo, os cubos constituem uma quantidade que pode ser calculada e que sempre permanece idêntica, sob quaisquer

condições.

Considerando a analogia proposta, podemos evidenciar que, ao calcular a energia envolvida em um processo ou fenômeno, verificamos que muitas situações podem ser observadas: às vezes, parte da energia deixa o sistema (energia liberada, consumida ou dissipada), outras vezes, energia entra no sistema (energia absorvida ou recebida). Isso pode ser explicado pelas inúmeras formas de energia existentes, tais como: energia cinética, energia potencial, energia térmica, energia luminosa, energia nuclear, entre outras.

Feynman (2001) ainda afirma que, de fato, na ciência atual, ignoramos o que é energia. Porém, existem formas de calcular quantidades de energia, que, quando somadas, fornecem como resultado um total que se conserva, tal como ocorre para os cubos indestrutíveis de Dênis, são vinte e oito. Podemos pensar então que não sabemos ao certo o que é a energia, mas podemos controlar a sua produção e consumo a partir de modelos matemáticos.

Diante do exposto, consideramos uma possível trajetória para a origem e desenvolvimento do conceito de energia na ciência, que é sintetizada no quadro 1:

**Quadro 1: Possível trajetória para origem e desenvolvimento do conceito de energia na ciência**

Momento Histórico	Concepção de Energia
Metafísica aristotélica	Energia ( <i>energeia</i> ) como entidade responsável por transformar o ser de uma forma potencial ( <i>dinamis</i> ) à forma final.
Complexo Força-Energia (Controvérsia da Vis-viva)	Energia como propriedade que pode estar contida nos corpos e relacionada ao movimento
Teoria do Calórico	Calor (energia) como uma substância responsável pela dilatação dos corpos mediante aquecimento e que poderia ser transferida de um corpo para outro.
Teoria Dinâmica do Calor	Calor (energia) como resultante do movimento das partículas que compõem o sistema.
Conservação da Energia	A natureza da energia é pouco compreendida, mas a produção e consumo podem ser calculados por modelos matemáticos.

Fonte: Própria

## CONCEPÇÕES DE LICENCIANDOS SOBRE ENERGIA

Buscamos identificar essas concepções, baseadas na trajetória histórica proposta no quadro 1, identificar essas formas de pensar o conceito. A pergunta realizada foi: “o que você entende por energia?”.

Participaram dessa investigação sete estudantes da Licenciatura em Física e nove estudantes da Licenciatura em Química, todos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – campus Dois Irmãos (Recife), matriculados nas disciplinas

Metodologia para o Ensino da Física e Instrumentação para Ensino da Química I, respectivamente. As duas disciplinas são oferecidas no sexto período de cada curso.

Os estudantes foram identificados a partir de um código composto por duas letras e um número. As letras indicam o curso (LQ para licenciatura em química e LF para licenciatura em física) e os números são a identificação específica de cada participante da pesquisa. A questão discutida nesse trabalho fazia parte de um questionário com outras quatro questões, todas sobre energia e foram resolvidas pelos estudantes de forma individual, com um tempo destinado de 30 minutos para a resolução.

Apresentaremos os resultados para cada uma das turmas, discutidas a partir da emergência das formas de pensar relacionadas a sentidos adquiridos para o conceito de energia associados à trajetória histórica:

### A) Licenciatura em Química

O questionário foi entregue na turma de licenciandos, que durante todo o tempo de resolução permaneceram em silêncio, em aparente concentração. Após os trinta minutos, todos os participantes entregaram as respostas, sem nenhuma antecipação ou retardo.

O quadro 2 apresenta as respostas dos licenciandos em química para a questão:

**Quadro 2: Respostas – Licenciatura em Química**

Estudante	Respostas
LQ1	“É uma força que você pode impulsionar e desprender em algum movimento físico”.
LQ2	“Compreendo como energia algo em movimento, que gera uma força elétrica, mecânica ou cinética. Exemplo: movimentação de uma turbina pela força de ventos ou da água, onde teremos uma modificação da energia cinética para... elétrica”.
LQ3	A energia é fundamental em todas as etapas da vida... toda força que você faz precisa de energia”.
LQ4	“De forma geral, energia é fonte luminosa”.
LQ5	“Compreendo como sendo energia uma força X liberada ou utilizada quando trabalho é realizado”.
LQ6	“Fonte necessária para sobreviver”.
LQ7	“A energia pode ser entendida como um motor que viabiliza, impulsiona alguma coisa. Para quebrar ou formar ligações químicas é necessária energia”.
LQ8	“Energia é algo relacionado com força, movimento”.
LQ9	“Não sou capaz de definir”.

Fonte: Própria

De acordo com o Quadro 2, nas respostas dos licenciandos de Química, apenas um participante (LQ9) afirmou não saber definir energia. Outros estudantes

(LQ1, LQ2, LQ5 e LQ8) apresentaram uma concepção de energia como conceito intimamente relacionado ao movimento no sentido de atividade óbvia (WATTS, 1983), visão associada as discussões, na mecânica, sobre a medida do movimento e força de um corpo. Destacamos a associação entre os conceitos de energia e força em todas as respostas, dentre as quais, ao menos em três (LQ1, LQ5 e LQ8), os dois são tratados como sinônimos. Um estudante associa a energia a geração de uma força (LQ2). Tal visão tem origem histórica e está associada ao que alguns autores chamam de controvérsia da *vis-viva* (ILIS, 1971; SMITH, 2006).

Algumas formas de falar (LQ3, LQ4, LQ6 e LQ7) se organizam em torno de ideias sobre a associação entre energia e as transformações da matéria, algumas delas (LQ3 e LQ7) utilitaristas, que entendem a energia como algo que existe para nos servir, e outras vitalistas (LQ3 e LQ6), ou seja, relacionadas com a criação e/ou manutenção da vida. Essa visão da energia como transformação da matéria é centrada nas mudanças que podem ocorrer com os objetos e com os seres vivos, numa visão da energia como algo que está disponível para realizar transformações e que se aproxima da visão aristotélica de energia, porém em um contexto relacionado a ciência moderna.

Desta forma, observamos nas respostas dos licenciandos em química a predominância de concepções que relacionam energia ao movimento, numa associação ao conceito de forma, e relativas as transformações da matéria.

## B) Licenciatura em Física

O questionário foi entregue na turma de licenciandos, que realizaram poucos comentários em voz alta, estando concentrados na resolução na maior parte do tempo. Um estudante (LF7) entregou o questionário com 14 minutos, sem responder à questão analisada para esta pesquisa. Após os trinta minutos, os demais participantes entregaram as respostas.

As respostas dos licenciandos em física estão apresentadas no quadro 3:

Quadro 3: Respostas – Licenciatura em Física

Estudante	Resposta
LF1	“Uma característica intrínseca do corpo, já que os átomos possuem energia e uma energia de repouso”.
LF2	“Energia é um conceito criado a fim de explicar determinados fenômenos e, no caso mais geral, ela dá vida a todas as coisas”.
LF3	“Em termodinâmica, energia está relacionada a calor, é uma propriedade do corpo e varia com a temperatura. Ela se conserva”.
LF4	“O conceito de energia está relacionado à capacidade de um corpo ou substância realizar trabalho. Como esse conceito é muito amplo, a comunidade científica resolveu definir algumas formas de energia para facilitar o entendimento, tais como: energia cinética, calor etc.”
LF5	“A energia está associada ao movimento de um objeto, de um corpo, ao longo de um período de tempo ou deslocamento”
LF6	“Propriedade relacionada a dinâmica dos corpos”

Fonte: Própria

Assim como na licenciatura em química, a visão de energia associada ao movimento foi mais presente na resposta da questão para a turma de licenciatura em física (LF4, LF5 e LF6).

Duas respostas (LF1 e LF3) buscam com maior atenção a utilização de uma linguagem científica para definir o conceito, utilizando termos específicos. Ambas apresentam ideias referentes a conservação de energia. A outra resposta (LF2) apresenta uma visão vitalista da energia, que associamos as transformações. O quadro 6 apresenta as respostas dos alunos:

Apenas LF3 relacionou os conceitos de energia ao calor, numa visão mais associada a teoria dinâmica do calor, visto como propriedade, do que relacionada a energia vista como uma substância contida nos corpos, associada a teoria do calórico.

Os licenciandos em física também relacionaram o conceito de energia ao movimento, contudo, sem associá-lo diretamente ao conceito de força. Duas respostas (LF1 e LF3) utilizaram uma linguagem científica para definir o conceito

Nos resultados, percebemos que, para os estudantes de ambos os cursos investigados, a associação mais comum realizada é entre energia e movimento, visão que tem origem em um momento histórico, associado a controvérsia da *vis-viva*. Ainda, observamos também alguma relação com a abordagem da energia em cada uma das ciências, pois nas respostas que não centraram no movimento, os estudantes da licenciatura em química associaram energia a transformação, enquanto que os físicos buscaram respostas relacionadas com a propriedade da conservação da energia, numa visão associada a forma de pensar da ciência moderna sobre o conceito.

## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho, observamos que o desenvolvimento do conceito de energia, e do princípio da sua conservação não ocorreu de forma linear. Alguns interessantes debates foram realizados por correntes de pensamento distintas, como na disputa da *vis-viva* e nas diferentes formas de pensar o calor. Atualmente, a energia pode ser considerada um conceito central, presente em estudos de todas as ciências da natureza – Física, Química, Biologia, Geologia – e também, dada a importância dos recursos energéticos para a vida humana e o ambiente, também tem aspectos estudados nas Ciências Sociais e Humanas.

No desenvolvimento histórico do conceito de energia, podemos perceber algumas concepções estabilizadas pelos contextos socioculturais das épocas e que permanecem até hoje na fala dos estudantes, como concepções informais: a relação entre energia e força (SIMÕES NETO e AMARAL, 2014), concepções relacionadas a transformação e baseadas na teoria do calórico (WATTS, 1983) e energia como movimento/ação (PACCA e HENRIQUE, 2004) ou atividade óbvia (WATTS, 1983).

Os dados empíricos dessa pesquisa corroboram com a afirmação de Henrique (1996), referente a relação que existe entre as concepções que encontraram sentido e foram bem aceitas pela comunidade científica nos diferentes períodos históricos e algumas das concepções que emergem nas respostas dos estudantes, que estão relacionadas com modos de pensar o conceito de energia encontradas no desenvolvimento histórico do conceito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, E.M.R.; MORTIMER, E.F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.3, 2001, p.1-14.
- VINCENT, B. B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Piaget, 1992.
- BRICCIA, V.; CARVALHO, A.M.P. Visões Sobre a Natureza da Ciência Construídas a Partir do Uso de um Texto Histórico na Escola Média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, 2011, p. 1-22.
- BRITO, A.S. Flogisto, Calórico & Éter. **Ciência & Tecnologia de Materiais**, v. 20, n. 3/4, 2008, p. 51-63.
- BUCUSSI, A.A. **Introdução ao Conceito de Energia**. Porto Alegre: UFRGS, 2007.
- BURATTINI, M.P.T.C. **Energia uma Abordagem Multidisciplinar**. São Paulo: LF, 2008.
- CHASSOT, A.I. **A Ciência Através dos Tempos**. São Paulo: Moderna, 1994.
- COELHO, R.L. On the concept of energy: History and philosophy for Science teaching. **Procedia**, n.1, 2009, p.2648-2652.
- FEYNMAN, R.P. **Física em Seis Lições**. Rio de Janeiro: Editouro, 2001.
- GARCIA, E.R.S.; MAURÍCIO, L.A. Evolução do conceito de energia mecânica. **XIII INIC**, São José dos Campos, 2005.
- GRIBBIN, J. **História da Ciência**. Mem Martins (POR): Publicações Europa-América, 2005.
- GOMES, L.C. Ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.29, n.3, 2012, p.1030-1073.
- HENRIQUE, K. E. **O pensamento físico e o pensamento de senso comum: a energia no 2º grau**. Dissertação (Ensino das Ciências – modalidade física). São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- ILTIS, C. Leibniz and the Vis Viva Controversy. **Isis**, v. 62, n. 1, p. 21–35, 1971.
- KUHN, T.S. **A tensão essencial**. São Paulo: Editora UNESP, 2011.
- MACIEL-JR., A. **Pré-Socráticos – A Invenção da Razão**. São Paulo: Odysseus, 2003.
- MAGGIE, W.F. **A Source Book in Physics**. New York: McGraw-Hill, 1935.
- MARTINEZ, A.C. Energía. **Revista I.T.**, n.82, p.8-11, 2008.
- MARTINS, L.A.P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, 2005, p. 305-317.
- MELO, M.T.R.R.H. **Energia e Medicina – Mayer e Helmholtz**. Tese de Doutorado. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2014.
- ORNELLAS, A. **A Energia dos tempos antigos aos dias atuais**. Maceió: EdUfal, 2006.
- PACCA, J.L.A.; HENRIQUE, K.F. Dificuldades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. **Enseñanza de las ciencias**, v.22, n.1, 2004, p. 159-166.

PUENTE, F. R. Algumas notas sobre o conceito de energia como eixo de articulação entre a filosofia negativa e a filosofia positiva no pensamento tardio de Schelling. **Síntese Nova Fase**, v.22, n.70, 1995, p. 395-404.

PULIDO, M.D.; SILVA, A.N. Do calórico ao calor: uma proposta de ensino de química na perspectiva histórica. **História da Ciência e Ensino**, v.3, 2011, p.52-77.

RAMOS, P.L.P.; PONCZEK, R.L. A evolução histórica dos conceitos de energia e quantidade de movimento. **Caderno de Física da UEFS**, v.9, n.1 e 2, 2011, p. 73-83.

SEVILLA SEGURA, C. Reflexiones en torno al concepto de energía: Implicaciones curriculares. **Enseñanza de las ciencias**, v.4, n.3, 1986, p. 247-252.

SILVER, B.L. **A escalada da ciência**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

SIMÕES NETO, J.E.; AMARAL, E.M.R. Energia e energia química em foco: o que pensam estudantes no Ensino Superior de química. **XVII ENEQ**, Ouro Preto, 2014.

SMITH, G.E. The vis-viva dispute: A controversy at the dawn of dynamics. **Physics Today**, v.59, n.10, 2006, p. 31-36.

SOUZA, R.S.; SILVA, A.P.B.; ARAÚJO, T.S. James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: Reproduzindo as dificuldades do laboratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.36, n.3, 2014, p. 3309.

SOUZA, V.C.A. **Os desafios da energia no contexto da termoquímica**. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte: UFMG, 2007.

TOSI, L. Lavoisier: Uma Revolução na Química. **Química Nova**, v. 12, n. 1, 1989, p. 33-56.

WATTS, M. Some alternative views of energy. **Physics Education**. v.18, 1983, p. 213-217.