

# O conceito de energia em livros de química usados nos colégios públicos de Bandeirantes-PR

Juliane P. D. Sachs<sup>1</sup>(PG)\*, Luís G. Sachs<sup>2</sup> (PQ), Carlos Frederico G. K. T. Silva<sup>3</sup> (FM), Luana P. B. Brito<sup>4</sup> (FM), Paula J. D. Sachs<sup>3</sup> (FM), Walter A. R. Filho<sup>1</sup> (PG), Sandra M. Domiciano<sup>5</sup>(PQ)

\*jsachs@ffalm.br

<sup>1</sup>Doutorando/a em Ensino de Ciências e Educação Matemática - Universidade Estadual de Londrina, <sup>2</sup>Docente da UENP–CLM, <sup>3</sup>Docente Fundamental/Médio (SEED) e Graduação (UNOPAR - Bandeirantes-PR), <sup>4</sup>Professora Fundamental/Médio (Colégio COC Jean Piaget - Ourinhos - SP), <sup>5</sup>Docente da UTFPR-CP

*Palavras-Chave: calor, trabalho, PNLD*

## RESUMO:

O conceito de energia é de fundamental importância para o estudo de química e para a formação de um cidadão crítico. A compreensão desse conceito, entretanto, pode ser prejudicada por erros conceituais, incoerências e/ou defasagens em livros didáticos. Neste estudo buscou-se analisar, no conteúdo de termodinâmica de livros didáticos usados em disciplina de Química de colégios públicos de Bandeirantes-PR, a presença de alguns aspectos que possam dificultar o entendimento do conceito de energia e dos conceitos relacionados, calor e trabalho. Foram encontrados alguns equívocos conceituais, linguagem inadequada, ambiguidade e defasagem em relação aos atuais estados de desenvolvimento dos conceitos.

## INTRODUÇÃO

A compreensão do conceito de energia é importante em quase todos os campos das ciências e para a sociedade: toda a vida está baseada em seu 'consumo', trocas e conversões; a sociedade global está estruturada em torno de sua necessidade por recursos energéticos; a degradação da energia está intimamente relacionada com problemas ambientais e com o esgotamento de suas fontes; existem grandes investimentos em pesquisa que buscam fontes alternativas e renováveis de energia; o conceito de energia está vinculado com leis unificadoras das ciências naturais usadas para explicar quase todos os acontecimentos tidos por biológicos, químicos e físicos. Energia, portanto, é um conceito de caráter multidisciplinar, seu entendimento, em seus significados e características, é essencial para a formação de um cidadão crítico. Conforme Watts (1983), certamente é difícil encontrar um curso de ciências no qual a energia não possui algum papel, quando não é o assunto central. Em consequência de tal fato, é fundamental o constante levantamento de discussões que possam contribuir para o ensino e aprendizagem do conceito de energia. Alcançar a compreensão do significado científico desse conceito, entretanto, pode se mostrar uma tarefa difícil, em geral, devido as concepções prévias do senso comum tanto dos/as alunos/as quanto dos/as professores/as, a não atualização de professores/as e livros didáticos, inadequações de linguagens na expressão do conceito (SOLBES e TARÍN, 2004) e falta de abordagem histórica em seu ensino (BUCUSSI, 2007).

No que se refere ao livro didático (LD), Andrade *et al.* (2011) afirmam que ele é o principal instrumento no processo de escolarização. Para Tavares (2009), no Brasil, o livro didático (LD) influencia as concepções de Ciência desenvolvidas pelos/as estudantes, sendo determinante no processo de ensino e na aprendizagem. Frison *et al.* (2009) constataram que os LDs no ensino de ciências naturais são os principais

instrumentos na orientação dos conteúdos desenvolvidos, da sequência, das atividades de aprendizagem e da avaliação. Andrade *et al.* (2011) mostraram que, de modo geral, os/as professores/as de Química não buscam outras fontes de aprimoramento de seus estudos, mantendo-se restritos ao livro didático escolhido. É de se esperar, portanto, que os conteúdos, a sequência e a forma como os mesmos são trabalhados nas salas de aulas pelos/as professores/as de química no Brasil, sejam, em uma grande extensão, aqueles trazidos pelos livros didáticos.

Mediante o exposto até aqui, este trabalho buscou investigar, em livros didáticos do ensino médio usados nas disciplinas de Química dos colégios estaduais de Bandeirantes-PR, a presença de alguns aspectos que possam dificultar o entendimento do conceito de energia e dos conceitos relacionados, calor e trabalho. Para isto foi construído, com base em alguns referenciais da área, um quadro teórico que permitiu estabelecer possíveis características necessárias ao entendimento e desejáveis à aprendizagem científica do conceito de energia e serviu como parâmetro para identificar possíveis aspectos na expressão do conceito que poderiam constituir-se em obstáculo ao entendimento científico.

## METODOLOGIA

Por meio de consultas à equipe pedagógica ou aos/as professores/as que lecionam Química, foram consultados que livros didáticos eram utilizados na disciplina de Química no ano de 2012 nos colégios estaduais localizados na cidade de Bandeirantes – PR. Dos livros didáticos levantados, foram selecionados os volumes e capítulos que traziam os conteúdos de termoquímica e/ou termodinâmica (Quadro 1).

**Quadro 1: Livros didáticos, volumes, capítulos, unidades e/ou páginas selecionados para apreciação**

| Referência                  | Título do livro                                 | Volume | Triênio   | Capítulos analisados/Páginas |
|-----------------------------|---|--------|-----------|------------------------------|
| Mortimer e Machado (2011)   | QUÍMICA   | 2      | 2012/2014 | Não se aplica/ 47-105        |
| Santos <i>et al.</i> (2010) | QUÍMICA CIDADÃ                                  | 2      | 2012/2014 | Capítulo 4/ 134-177          |
| Peruzzo e Canto (2010)      | QUÍMICA NA ABORDAGEM DO COTIDIANO               | 2      | 2012/2014 | Capítulo 6/ 192-231          |
| Reis (2010)                 | QUÍMICA – MEIO AMBIENTE – CIDADANIA -TECNOLOGIA | 2      | 2012/2014 | Unidade 3/ 166-211           |
| Lisboa (2010)               | QUÍMICA SER PROTAGONISTA                        | 2      | 2012/2014 | Capítulo 5/ 88-109           |
| Santos <i>et al.</i> (2011) | QUÍMICA & SOCIEDADE                             | Único  | 2009/2011 | Capítulo 14/ 358-387         |

Um quadro teórico foi construído, para possibilitar a análise dos conceitos, com base nos seguintes referenciais: Doménech *et al.* (2003); Feynman, Leighton e Sands (2008); Solbes e Tarín (2004); Silva (2005), Silva; Laburú e Nardi (2008) e Bucussi (2006). Levando em conta o quadro teórico elaborado, foram estabelecidos, como aspectos de análise dos conceitos energia, calor e trabalho: *atualização* - se os conceitos trazidos estavam em conformidade com seus atuais estados de evolução; presença de *equivocos conceituais* - se a apresentação e aplicação dos conceitos considerados são conflitantes em relação aos referenciais adotados e *adequação de linguagem* - se a maneira como foram apresentados ou aplicados os termos energia, calor e trabalho levam a uma compreensão adequada dos conceitos ou se podem levar a distorções ou distanciamento de seus significados científicos.

Os capítulos e textos selecionados dos LDs foram fotocopiados e lidos na íntegra. O procedimento de análise desses materiais ocorreu conforme uma análise textual qualitativa (MORAES, 2003). As passagens que traziam os termos energia,

calor e trabalho foram destacadas (unidades de análises) e confrontadas com o quadro teórico construído com relação aos aspectos apreciados.

Os aspectos de análise estabelecidos, o quadro teórico construído e a análise textual realizada nesta pesquisa foram acordados por meio de um processo intersubjetivo entre os/as autores(as).

## QUADRO TEÓRICO PARA ANÁLISE DOS CONCEITOS

Tomando como referencial Doménech *et al.* (2003) e Bucussi (2007), pode-se explorar, como alguns equívocos frequentes, quando se aborda o conceito de energia, referir-se a mesma como: uma espécie de substância (“ingrediente” dos corpos); a capacidade de um corpo realizar trabalho (conforme primeira aparição e definição do termo por Thomas Young em 1807); a capacidade de um sistema produzir transformações (como causa das transformações); uma espécie de fluido (“combustível” necessário para produzir transformações); “mudando de forma” (isto é, no sentido de que algo material muda de forma e não como as distintas formas de energias associadas às diferentes configurações dos sistemas e às diversas formas de interações entre a matéria); pertencente a um corpo isolado (isto é, atribuir energia a um corpo isolado e não como pertencente a um sistema formado por objetos que interagem entre si, desprezando, assim, o caráter sistêmico da energia) e possuindo valor absoluto (isto é, atribui valores de variação medidos como sendo seu valor absoluto que não é passível de medição).

Considerou-se também como uma forma de equívoco (relacionada a outros) definir explicitamente energia. De acordo com Feynman, Leighton e Sands (2008) não se sabe o que é energia, bem como não há um modelo formado acerca de energia, mas sim, existem fórmulas para calcular uma certa quantidade numérica que se conserva. Infere-se disto que não existe uma resposta direta e simples para a pergunta ‘o que é energia?’ e que a conservação da energia pode ser o aspecto mais relevante na compreensão a respeito deste conceito, fato também interpretado por Doménech *et al.* (2003).

Apesar de não ser possível até o momento definir energia, Solbes e Tarín (2004) afirmam que o modo para se compreender o seu significado científico se dá a partir do entendimento de suas quatro características fundamentais: conversão (ou transformação de uma forma de energia em outra), conservação (primeira lei da termodinâmica), transferência (entre sistemas ou entre partes de um sistema) e degradação (relacionada à segunda lei da termodinâmica). No que se refere à característica de conversão, o conceito de energia, de acordo com Solbes e Tarín (1998) apud Bucussi (2006), admite quatro formas: cinética, potencial, da massa e dos campos. Conforme Bucussi (2006), talvez as duas últimas possam ser compreendidas como energia cinética e potencial e, o que se entende por energia química, energia elétrica, energia mecânica, entre outras, não são formas de energia, mas sim manifestações das formas básicas. Nesta pesquisa, considerou-se que para o estudo de termodinâmica ou termoquímica, no ensino de química nível médio, pode-se compreender as formas de energia como sendo apenas energia potencial e energia cinética.

Em relação aos conceitos de calor e trabalho, Doménech *et al.* (2003) apontam como equívocos afirmar que os mesmos são formas de energia. No caso do calor, é comum também confundi-lo com a temperatura do sistema, com um fluido material (resquício da teoria do calórico) ou como energia térmica (SILVA; LABURÚ e NARDI, 2008; DOMÉNECH *et al.*, 2003 e BUCUSSI, 2006) e, no que se refere ao trabalho, é

comum apresenta-lo apenas em uma definição operativa tais como “o produto escalar da força pelo deslocamento”, sem o apontar como um processo pelo qual o(s) sistema(s) troca(m) energia assim como o é calor. De acordo com Silva (2005), também é comum atribuir uma igualdade conceitual entre calor envolvido em processos a pressão constante e a variação de entalpia do sistema, onde apenas existe uma igualdade quantitativa entre a quantidade de energia transferida por calor à pressão constante e a variação de entalpia do sistema.

Silva; Laburú e Nardi (2008) apresentam calor e trabalho como sendo dois processos por meio dos quais ocorrem transferências de energia entre sistemas. De acordo com Doménech *et al.* (2003) e Bucussi (2006) pode-se entender que é possível diferenciar calor e trabalho conforme descrito a seguir:

- calor é o processo de troca (transferência) de energia que ocorre quando sistemas a temperaturas diferentes (o sistema em estudo e as vizinhanças, por exemplo) entram em contato; ocorre (à luz da teoria cinético-molecular) em nível microscópico resultante do conjunto de um grande número de (micro)trabalhos realizados a nível submicroscópico, como consequência de (micro)forças exteriores (vizinhanças, p. ex.) que atuam sobre o sistema.
- trabalho é o processo de troca (transferência) de energia mediante aplicações de forças; um ato de transformação mediante aplicação de forças que ocorre em um nível macroscópico.

Sendo o calor e o trabalho processos equivalentes de transferências de energia, não é possível que um corpo possa possuí-los. Diferentemente da energia, calor e trabalho (como processos) não são funções de estado e os mesmos não se conservam (DOMÉNECH *et al.*, 2003; BUCUSSI, 2006).

Neste trabalho considerou-se inadequações de linguagens afirmações ou expressões que possam favorecer interpretações equivocadas dos conceitos e, conforme visão defendida por Bucussi (2006), as apresentações dos conceitos apenas por abordagens tradicionais, isto é, com forte apelo matemático em definições operacionais que geralmente resultam em “reducionismo conceitual”. Considerou-se como mais adequadas, portanto, apresentação dos conceitos de forma mais descritiva que evitassem as definições operacionais, de forma a possibilitar que gradualmente possam ser agregados novos atributos aos conceitos. Devemos destacar também que o aspecto de atualização foi considerado para o caso de calor como ‘substância ou fluído’, calor ou trabalho como ‘formas de energia’ e energia como sendo ‘capacidade de realizar trabalho’, uma vez que esses entendimentos fizeram parte de períodos anteriores de desenvolvimento dos conceitos, mas que já não estão de acordo com os seus atuais estados de desenvolvimentos.

## RESULTADOS DAS ANÁLISES

No Quadro 2 são apresentados, como resultados da análise textual, os pontos de conflito entre as unidades de análise dos LDs e o quadro teórico construído, para os conceitos de energia, calor e trabalho - no que se refere aos aspectos de equívocos conceituais, atualização e adequação de linguagem - conforme interpretação intersubjetiva dos/as autores/as

**Quadro 2: Pontos e aspectos conflitantes entre as unidades de análise dos LDs e o Quadro teórico construído, para os conceitos energia, calor e trabalho, e aspectos nos quais os conflitos ocorreram**

| Pontos de conflito     | Aspecto conflitante    |
|------------------------|------------------------|
| 1. Energia como fluído | Adequação de linguagem |

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 2. Energia como capacidade de um corpo realizar trabalho   | Equívoco conceitual e atualização |
| 3. Energia como capacidade de um sistema produzir transformações   | Equívoco conceitual               |
| 4. Admitir a existência de uma definição para energia  | Equívoco conceitual               |
| 5. Admitir manifestações da energia como formas de energia   | Adequação de linguagem            |
| 6. Energia como pertencente a um corpo isolado (ignorar o caráter sistêmico da energia)  | Adequação de linguagem            |
| 7. Não destacar as características fundamentais da energia   | Adequação de linguagem            |
| 8. Calor como substância ou fluido   | Adequação de linguagem            |
| 9. Calor como forma de energia   | Equívoco conceitual e atualização |
| 10. Calor como energia térmica   | Equívoco conceitual               |
| 11. Calor como sendo conceitualmente igual a variação de entalpia à pressão constante  | Equívoco conceitual               |
| 12. Não destacar o calor como um processo de transferência de energia que ocorre entre sistemas às temperaturas diferentes quando em contato | Adequação de linguagem            |
| 13. Trabalho como forma de energia   | Equívoco conceitual e atualização |
| 14. Trabalho apresentado em definições apenas operativas   | Adequação de linguagem            |
| 15. Não destacar o trabalho como um processo de transferência de energia que ocorre mediante aplicação de força em um nível macroscópico.    | Adequação de linguagem            |

### Ponto 1 - Energia como fluido

Três dos livros didáticos estudados apresentaram expressões que podem levar à ideia de energia como um fluido - Mortimer e Machado (2011), Santos *et al.* (2010) e Reis (2010). Um exemplo de passagens consideradas neste ponto é: “A **energia que flui** de um corpo mais quente para um corpo mais frio é chamada calor” (SANTOS *et al.*, 2010, p. 146, grifo nosso). Aparentemente as expressões como “energia flui”, “energia que flui” e “energia pode flui” foram usadas para se referir à energia transferida (valores transferidos) ou que pode ser transferida entre sistemas, entretanto, deve se levar em consideração que, se não devidamente interpretadas, tais expressões podem reafirmar a ideia de que energia é um fluido (um líquido ou substância) que os corpos possuem e transferem entre si. Tais expressões podem constituir inadequações de linguagens se reforçarem a compreensão de energia como um fluido. Conforme Domenéch *et al.* (2003), a ideia de energia como um fluido é comum entre os estudantes.

### Ponto 2 - Energia como capacidade de um corpo realizar trabalho

Três dos textos analisados trouxeram a definição de energia como a capacidade de um corpo ou sistema realizar trabalho - Mortimer e Machado (2011); Santos, *et al.* (2010); Santos, *et al.* (2011) - e a consideram como uma definição clássica. Interpretamos, entretanto, que a definição em questão pode ser considerada clássica em relação ao fato de ser frequentemente usada nas literaturas que abordam o conceito de energia, porém não em relação a algo que foi colocado à prova e que pode ser considerado adequado em relação ao atual estado de desenvolvimento do conceito, uma vez que, em decorrência das segunda e terceira leis da termodinâmica, nem toda energia pode ser transferida por trabalho, em palavras mais comuns, nem toda energia pode ser usada para realizar ‘trabalho útil’.

Considerou-se, neste trabalho, que a definição ‘clássica’ para energia, a capacidade de um corpo realizar trabalho, é um equívoco conceitual e que pode levar ao distanciamento da compreensão do conceito de energia quanto à sua característica de degradação, pois, parafraseando Bucussi (2006), quando a transferência de energia pode ser realizada por trabalho a energia é considerada útil e a energia que foi transferida ao sistema responsável por sua utilização é inútil, isto é degradada (pois não pode ser utilizada por meio de sua transferência por trabalho). A apresentação da

definição clássica para a energia possivelmente decorre de uma defasagem (falta de atualização) advinda do uso frequente da primeira definição do termo energia feita, conforme Bucussi (2006), por Thomas Young em 1807, e que pode se dar em virtude da falta de abordagem da evolução histórica do conceito energia.

### **Ponto 3 - Energia como capacidade de um sistema produzir transformações**

Apenas Santos *et al.* (2010) colocaram a energia como causa das transformações ocorridas (um equívoco conceitual) e não como algo que se manifesta durante transformações:

“(…) energia como aquilo que se deve ser fornecido ou retirado de um sistema – parte do universo em estudo – para movimenta-lo ou transforma-lo. Assim, de forma simplificada, pode-se dizer que: Energia é o que permite a um sistema transformar-se ou movimentar-se.” (p.156)

### **Ponto 4 - Admitir a existência de uma definição para energia**

Mortimer e Machado (2011), Santos *et al.* (2010) e Santos *et al.* (2011) trouxeram uma definição explícita para o conceito de energia. A definição trazida por esses autores foi a capacidade de um sistema ou corpo realizar trabalho, avaliada como um equívoco conceitual decorrente do uso inadequado de sua primeira tentativa de definição.

No caso de Mortimer e Machado (2011), pode-se observar que o texto buscou uma abordagem mais adequada para o conceito, afirmando que se trata de um conceito de difícil definição. Também o desenvolveu em suas quatro características fundamentais, mas, por outro lado, reforçou a definição de energia como ‘capacidade de realizar trabalho’.

Santos *et al.* (2010) apresentaram o conceito de energia como sendo complexo, abstrato e abrangente. Reconheceram a dificuldade em se encontrar uma definição precisa e generalizada para o mesmo, porém, aparentemente em uma tentativa de simplificar o conceito, apresenta a energia como sendo a causa das transformações (ponto 3) e em sua definição como ‘capacidade de realizar trabalho’.

### **Ponto 5 - Admitir manifestações da energia como formas de energia**

Todos os textos estudados dos livros didáticos trazem as manifestações da energia em uma linguagem que conduz ao entendimento de que a energia se apresenta em mais formas do que duas (potencial e cinética), isto é, ao entendimento das manifestações da energia como formas de energia. São exemplos de fragmentos considerados neste ponto: “energia ocorre de **várias formas**” (SANTOS *et al.*, 2010, p. 156, grifo nosso) e “parte da energia elétrica é transformada em **energia térmica**” (REIS, 2010, p. 190, grifo nosso).

### **Ponto 6 - Energia como pertencente a um corpo isolado**

Em nenhum dos capítulos ou textos analisados observou-se uma preocupação em se destacar o caráter sistêmico da energia. As formas como foi abordado o conceito podem levar a compreensão da energia como sendo pertencente a um corpo isolado.

### **Ponto 7 - Não destacar as características fundamentais da energia**

O Quadro 3 apresenta a relação das referências dos LDs que abordaram nos capítulos selecionados (Quadro 1) as características consideradas no Quadro teórico construído como fundamentais para o entendimento do conceito de energia.

**Quadro 3: Referências que abordaram as características fundamentais da energia nos capítulos e textos dos livros selecionados para análise**

| Referência                  | Características fundamentais da energia abordadas |           |               |            |
|-----------------------------|---|-----------|---------------|------------|
|                             | Conservação                                       | Conversão | Transferência | Degradação |
| Mortimer e Machado (2011)   | Sim   | Sim       | Sim           | Sim        |
| Santos <i>et al.</i> (2010) | Sim   | Sim       | Sim           | Sim        |
| Peruzzo e Canto (2010)      | Não   | Sim       | Sim           | Não        |
| Reis (2010)                 | Sim   | Sim       | Sim           | Não        |
| Lisboa (2010)               | Não   | Não       | Sim           | Não        |
| Santos <i>et al.</i> (2011) | Sim   | Sim       | Sim           | Sim        |

Dos textos estudados, somente Mortimer e Machado (2011), desenvolveram de forma mais adequada o conceito de degradação de energia, embora o termo degradação não tenha sido usado. Foi apresentado que, em decorrência da segunda lei da termodinâmica, qualquer processo (transformação) acarreta uma diminuição da possibilidade de usar a energia e abordou o fato em termos de qualidade de energia.

Os livros didáticos de Santos *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2010) desenvolveram o conceito de energia em suas quatro características fundamentais, porém a característica de degradação foi abordada em uma linguagem inapropriada, por exemplo, se fala em 'energia dissipada na forma de calor', colocando o calor como forma de energia, e não em termos de degradação ou qualidade da energia.

Peruzzo e Canto (2010) não desenvolveram o conceito de energia em todas as características consideradas fundamentais, porém propuseram uma sondagem de concepções de conceitos entre os quais se encontrava energia. A proposta de sondagem oferece aos/as professores/as e alunos/as a oportunidade de desenvolver o conceito por meio de discussão e pesquisa em outras fontes.

No texto do livro de Lisboa (2010) o foco esteve apenas nas transferências de energia que acompanham as transformações e que ocorrem por calor.

### **Ponto 8 - Calor como substância ou fluido**

Em todos os textos dos livros didáticos estudados observou-se o uso de uma linguagem considerada pelos(as) autores(as) como inadequada para o processo de transferência de energia por calor, que remete ao entendimento de calor como sendo um fluido, substância ou forma de energia. Foi frequente, nos textos apreciados, o uso de afirmações do tipo: calor ganho, calor cedido, calor recebido, calor perdido, calor liberado, calor transferido, calor absorvido, calor fornecido, calor retirado, calor conservado, calor trocado, fluxo de calor, variação de calor, condução de calor, entre outras afirmações de mesmo sentido. Exemplos para estes tipos de expressões são dados a seguir

"Para **retirar esse calor** do chip é utilizada uma pequena placa de alumínio ou cobre chamada dissipador. Sistemas de ventoinhas ou radiadores são então utilizados para **retirar o calor do dissipador e dispersa-lo** no ambiente." (PERUZZO e CANTO, 2010, p. 228, grifo nosso)

"Os metais são bons **condutores de calor.**" (SANTOS, *et al.*, 2010, p.153, grifo nosso)

Apesar de expressões como "condutor(es) de calor" serem amplamente usadas nas literaturas de ensino em ciências, para se referir ao fato de materiais, como metais, serem bons condutores de energia por meio de calor (do processo calor), tais expressões podem reforçar a ideia de calor como um fluxo (como uma substância que flui, conforme teoria do calórico) ou como energia em trânsito.

Na concepção atual o calor, como o trabalho, é um processo pelo qual se dá a transferência de energia entre sistemas (SILVA; LABURÚ e NARDI, 2008; DOMÉNECH *et al.*, 2003; BUCUSI, 2006), logo não é algo que um corpo possui para ser transferido, conduzido, conservado, ganho, perdido, etc, como o é afirmado nos textos analisados. A esse respeito, o próprio capítulo em estudo do livro de Mortimer e Machado (2011) traz:

“Do ponto de vista científico um corpo não possui calor” (p. 61)

“O calor como sendo um processo de transferência de energia não é uma substância” (p. 63).

Logo, o calor só ‘existe’ durante a transferência de energia, sendo o próprio ato de transferir a energia, que ocorre quando sistemas a diferentes temperaturas estão em contato.

Os usos de linguagens inapropriadas observados para abordagem de calor (que remetem a ideia de calor como fluido ou substância), podem ser resquícios da teoria do calórico, já há muito abandonada, ou advir do uso indiscriminado de calor em seu entendimento cotidiano e que não foi devidamente diferenciado de seu significado científico. A esse respeito constatou-se que apenas nos textos dos livros de Mortimer e Machado (2011) e Santos *et al.* (2010) realizou-se a distinção dos significados para o termo calor em seu uso cotidiano e de seu uso científico.

Uma vez que, com exceção do texto do livro de Lisboa (2010) – que desenvolveu pouco os conceitos estudados - todos os textos consideraram o calor como sendo uma forma de energia, como será visto adiante. Desta forma, interpretou-se que as afirmações inapropriadas, que podem levar a compreensão de calor como sendo uma substância ou fluido, foram inadequações de linguagem proveniente do período histórico em que se concebia a teoria do calórico (pensamos que mesmo o uso cotidiano do termo calor pode ser considerado um resquício desta teoria) ou do entendimento que se teve do calor como uma forma de energia.

A respeito da linguagem usada em livros didáticos acerca do conceito de calor, Gomes (2012), ao analisar textos de livros didático de física, comenta: “encontramos expressões que eram corriqueiras nos textos dos antigos adeptos da teoria substancial do calor, tais como: calor “cedido”, “absorvido”, “recebido”, “ganho”, “perdido”, “liberado”, “transferência” e “trocas de calor”” (p. 1065-1066); o autor continua: “Quase dois séculos depois, os autores dos livros didáticos de Física utilizam a mesma linguagem do que os primeiros escritores caloristas” (p. 1066). Nesta pesquisa inferimos que os LDs de Química seguem a mesma tendência desses livros de Física.

### **Ponto 9 - Calor como forma de energia**

Com exceção do texto do livro de Lisboa (2010), todos os demais apresentaram calor como sendo uma forma de energia. Exemplos de passagens consideradas neste ponto são: “calor é apenas uma das formas de energia” (MORTIMER e MACHADO, 2011, p.92); “energia sob a forma de calor” (SANTOS *et al.*, 2011, p. 370) e “calor é uma energia em trânsito” (REIS, 2010, p. 172).

De acordo com Mortimer e Machado (2011), a concepção de calor como forma de energia foi introduzida pelo Conde Rumford em 1798. Callen (1985) apud Silva; Laburú e Nardi (2008) - há vinte e sete anos - já afirmava ser o calor um processo de transferência de energia. Isto corrobora, portanto, com a conjectura de que muitas vezes os novos conhecimentos ou evoluções de conceitos científicos levam um tempo considerável, a partir de seu surgimento, para serem trazidos pelos livros didáticos.

Atualmente a concepção de calor como forma de energia pode ser considerada um equívoco conceitual, assim como a concepção de algo que os corpos possam possuir.

### **Ponto 10 - Calor como energia térmica**

Os livros didáticos de Santos *et al.* (2010), Reis (2010) e Santos *et al.* (2011) trouxeram o calor como igual a energia térmica. Como exemplos de fragmentos considerados neste ponto, cita-se: “chamamos essa energia de calor ou energia térmica” (SANTOS *et al.*, 2010, p.144); “parte da energia elétrica é transformada em energia térmica (calor)” (REIS, 2010, p. 190) e “chamamos essa energia de calor ou energia térmica” (SANTOS *et al.*, 2011, p.360). Nestes exemplos, além do equívoco conceitual (calor como energia térmica), percebe-se que a admissão das manifestações da energia como sendo formas de energia, o que foi considerado neste trabalho como uma inadequação de linguagem e a interpretação resultante, de calor como forma de energia ou energia térmica, foi considerado um equívoco conceitual.

### **Ponto 11 – Calor como sendo conceitualmente igual a variação de entalpia à pressão constante**

Notou-se nos textos analisados de Santos *et al.* (2010), Reis (2010) e Santos *et al.* (2011) o uso de linguagem inapropriada para expressar a igualdade numérica (quantitativa) entre a energia transferida por calor (do ou para o sistema), em processos ocorridos à pressão constante, e a variação de entalpia do sistema, conforme os exemplos de fragmentos: “Variação de entalpia ( $\Delta H$ ) é o calor” (SANTOS *et al.*, 2010, p. 161), “calor trocado a pressão constante,  $Q_p$ , é igual à variação de entalpia” (REIS, 2010, p. 175) e “Variação de entalpia é o calor envolvido nas reações químicas à pressão constante” (SANTOS *et al.*, 2011, p.370). Este tipo de afirmação pode levar ao entendimento de que a variação de entalpia do sistema é conceitualmente igual ao calor envolvido no processo que ocorre à pressão constante. Em nenhuma parte dos textos analisados notou-se alguma tentativa de diferenciação conceitual entre o calor e a variação de entalpia para processos à pressão constante. Não foi possível avaliar nas passagens observadas se houve o entendimento por parte de autores/as de que existe uma igualdade conceitual, e não somente uma igualdade quantitativa, entre o calor envolvido em processos à pressão constante e a variação de entalpia.

A afirmação do calor como igual a variação da entalpia à pressão constante foi considerada um equívoco conceitual.

### **Ponto 12 - Não destacar o calor como um processo de transferência de energia que ocorre entre sistemas a temperaturas diferentes quando em contato**

Em todos os textos o calor foi sempre vinculado aos processos que ocorrem quando sistemas a temperaturas diferentes estão em contato.

Com relação à visão microscópica necessária para a compreensão deste processo de transferência de energia (calor), apenas no texto do livro de Mortimer e Machado (2011) foi apresentada uma abordagem do fenômeno sob um ponto de vista microscópico (usando o modelo cinético-molecular), fato considerado como sendo muito positivo, pois abordagem microscópica dos fenômenos é de grande interesse para a compreensão conceitual em química.

Como observado anteriormente o entendimento nos textos dos livros didáticos analisados é do calor como uma forma de energia. Alguns afirmaram que se trata da energia em trânsito, ou como um fluxo de energia, ou apresentaram o calor de maneira

bastante ambígua, isto é: ora como um processo de transferência de energia, ora como sendo uma das ‘formas’ de energia. Mortimer e Machado (2011), por exemplo, trazem: “A entalpia, como a energia interna, a pressão, o volume e a temperatura, é uma função de estado. (...) Já calor e trabalho não são funções de estado” (p. 69)

A confusão conceitual fica clara ao se colocar a seguinte questão: se calor e trabalho não são funções de estado, mas a energia é uma função de estado, como então calor e trabalho podem ser formas de energia?

No texto de Santos *et al.* (2011), percebeu-se uma aproximação do calor como um processo de transferência de energia: “Calor é definido como a transferência de energia térmica entre corpos de temperaturas diferentes” (p. 362). Logo na sequência no texto desses autores, porém, é colocada a afirmação de que o calor (e não a energia) é transferido de um corpo a outro, no uso de uma linguagem cotidiana para expressar conceitos científicos.

Silva; Laburú e Nardi (2008), pesquisando em alguns livros didáticos usados nos anos iniciais da graduação de física, relatam que existe o entendimento do calor como forma de energia e do calor como processo de transferência de energia. Os autores, no entanto, destacaram que o calor é na verdade um dos processos pelos quais ocorrem a transferência de energia entre sistemas.

### **Ponto 13 - Trabalho como forma de energia**

De maneira diferente ao que foi observado para o conceito calor, onde o entendimento do mesmo como sendo uma forma de energia foi demonstrado mais explicitamente nos textos analisados, a ideia de trabalho como sendo uma forma de energia só apareceu de modo mais claro no texto de Reis (2010), por exemplo: “energia pode fluir de um corpo para outro na forma de trabalho” (p.172). Nos demais textos - com exceção dos textos de Peruzzo e Canto (2010) e de Lisboa (2010), que não abordaram o conceito trabalho – a ideia de trabalho como forma de energia só pode ser percebida por meio da linguagem utilizada junto ao conceito. Nota-se, por exemplo, em fragmentos como “conversão de energia e trabalho em calor” e “converter calor e energia armazenada em trabalho” (MORTIMER e MACHADO, 20191, p. 48), que a característica de conversão da energia foi usada como sendo também uma característica do calor e do trabalho. Considerar trabalho, um dos processos por meio do qual os sistemas transferem energia, como uma forma de energia foi considerado um equívoco conceitual.

### **Ponto 14 - Trabalho apresentado em definições apenas operativas**

Santos *et al.* (2010) e Santos *et al.* (2011) trouxeram apenas uma definição operacional para o trabalho, sem mencioná-lo como sendo um meio pelo qual os sistemas transferem energia. Por exemplo, o fragmento “trabalho é uma grandeza cuja variação é igual ao produto escalar de uma força pelo vetor deslocamento de seu ponto de aplicação” apareceu tanto em Santos *et al.* (2010, p.157) quanto em Santos *et al.* (2011, p. 369). Notou-se também que, além do trabalho ter sido definido apenas de uma maneira operacional, o mesmo foi considerado como sendo a capacidade de um corpo se deslocar: “Em outras palavras trabalho é a capacidade de um corpo se deslocar” (SANTOS *et al.*, 2010, p.157; SANTOS *et al.*, 2011, p. 369). Essa definição foi considerada um equívoco conceitual visto que, o deslocamento de um corpo, do ponto de vista macroscópico, só é possível mediante uma ação externa, por exemplo, a aplicação de força sobre o mesmo, não é, portanto, uma característica intrínseca do corpo como a expressão “capacidade de” leva a entender.

### **Ponto 15 - Não destacar o trabalho como um processo de transferência de energia que ocorre mediante aplicação de força em um nível macroscópico.**

Em nenhum dos textos analisados foi destacado o trabalho como um processo de transferência de energia ou se fez a diferenciação entre os processos calor e trabalho, sendo os mesmos equivalentes em termos de aplicação de forças, mas que ocorrem em um nível microscópico (calor) e em um nível macroscópico (trabalho).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS: RECOMENDAÇÕES QUANTO À LINGUAGEM**

Os livros didáticos usados nas disciplinas de química no ano de 2012 nos colégios estaduais de Bandeirantes-PR foram aprovados pelo PNL D. Nos capítulos e textos selecionados para apreciação, referentes aos conteúdos de termoquímica e/ou termodinâmica, interpretou-se que os mesmos traziam - quando desenvolviam os conceitos de energia, calor e trabalhos - equívocos conceituais, linguagem inadequada, ambiguidade e defasagem em relação aos atuais estados de desenvolvimento dos conceitos, conforme Quadro teórico construídos para esta pesquisa.

A respeito da linguagem adotada para expressar energia, calor e trabalho nos textos dos LDs analisados, foi interpretado - por meio de confrontação das unidades de análise com o Quadro teórico construído - que permanece o uso de um linguajar cotidiano e de tempos de estados anteriores de evolução destes conceitos. Este uso inadequado da linguagem pode conduzir interpretações equivocadas acerca dos conceitos em relação aos seus atuais estados de desenvolvimento, tais como energia e calor como forma de fluido ou de substância e calor e trabalho como formas de energias. Gomes (2012) recomendam que, não sendo possível, em curto prazo, modificar os livros didáticos, é necessário que os/as professores/as “se posicionem de modo crítico frente a eles” (p. 1070).

Os/as autores/as da presente pesquisa recomendam que os/as docentes e pesquisadores/as passem a pensar, desenvolver e utilizar uma linguagem mais apropriada ao se referir ao fenômeno de transferência de energia. Recomendamos, desta forma, que passemos a expressar o calor e trabalho, representados geralmente por Q e W nas expressões da primeira lei da termodinâmica, como ‘energia transferida por calor’ e ‘energia transferida por trabalho’, respectivamente, com a finalidade de explicitar o caráter de processos (de transferência de energia) dos mesmos. Também recomendamos que sejam evitadas expressões que levam a entender que ou a energia ou seus processos de transferências sejam um tipo de fluido ou substância e calor e trabalho como formas de energia. Deve-se salientar que a ideia de calor e trabalho como formas de energia, quando não apareceu em afirmações explícitas, apareceu de forma que consideramos implícitas quando características fundamentais da energia (conservação e transferência) foram atribuídas ao calor e trabalho. Uma outra característica da energia, que apareceu inadequadamente como atributo do calor, refere-se ao que chamaremos de armazenamento ou fonte (LACOR, 2014), em expressões que afirmavam que um corpo pode conter calor. Deve-se salientar, portanto, que a característica de fonte pertence ao conceito de energia; calor e trabalho como processos não podem ser armazenados. Expressões que podem levar a esse entendimento devem ser evitadas.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRADE, F. G. et al. A importância do livro didático para o ensino de química: A percepção de professores e alunos do Centro de Educação Integrada Professor Eliseu Viana (CEIPEV) Mossoró-RN na visão do PIBID. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 4., 2011, Natal. **Anais...**

2011. v. 1, p. 1 - 15. Disponível em: <[www.annq.org/congresso2011/arquivos/1300326595.pdf](http://www.annq.org/congresso2011/arquivos/1300326595.pdf)>. Acesso em: 12 ago. 2012.

BUCUCCI, Alessandro Aquino. Textos de Apoio ao Professor de Física–Introdução ao Conceito de Energia. **Instituto de Física–UFRGS-Programa de Pós–Graduação em Ensino de Física-Mestrado Profissional em Ensino de Física**, v. 17, n. 2, 2006. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n3\\_Bucussi.pdf](http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n3_Bucussi.pdf)>. Acesso em: 12 jun.2012.

DOMÉNECH, J. L. L. et al. La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, p. 285, 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6527/6024>>. Acesso em: 12 jun.2012.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Feynman, Lições de física: mecânica, radiação e calor**. ed. Bookman. v. 1. 2008. 538p.

FRISON, M. D.; et al. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/425.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2012.

GOMES, Luciano Carvalhais. A ascensão e queda da teoria do calórico. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, [s.l.], v. 29, n. 3, p.1030-1072, 20 dez. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29n3p1030>>. Acesso em: 12 ago. 2012.

LACOR, R. Using Metaphor Theory to Examine Conceptions of Energy in Biology, Chemistry, and Physics. **Sci & Educ**. v. 23, p. 1245 –1267. 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-012-9535-8#page-2>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

LISBOA, J. C. F., Química – Ser Protagonista, Volume 2, São Paulo:Edições SM. 2010. 304p.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. São Paulo:Scipione, v. 2. 2011.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. v. 2, São Paulo:Moderna, 2010.

REIS, M. **Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia**. v. 2, São Paulo:FTD, 2010.

SANTOS, W.L.P. et al. **Química Cidadã**, v. 2, São Paulo:Nova Geração, 2010.

SANTOS, W. L. P. et al. **Química & sociedade**. São Paulo:Editora Nova Geração, 2011.

SILVA, J. L. P. B. Por que não estudar entalpia no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 2-25, 2005.

SILVA, O. H. M; LABURÚ, C. E; NARDI, R. Reflexões para Subsidiar Discussões Sobre o Conceito de Calor na Sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**,v. 25, n. 3, p.383-396, dez. 2008.

SOLBES, J.; TARÍN, F. La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 22, n. 2, p. 185–194. 2004. Disponível em: <<http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v22n2p185.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2012.

TAVARES, L. H. W. Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de Química brasileiros: o conceito de substância. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8 n. 3, p. 1004-1018. 2009. Disponível em: <[http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen8/ART13\\_Vol8\\_N3.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen8/ART13_Vol8_N3.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2012.

WATTS, D. M. Some alternative views of energy. **Phys. Educ**. v. 18, p. 213-217. 1983. Disponível em: <[https://crippen.education.ufl.edu/projects/PASS/Summer\\_2005/Wattt\\_pev18i5p213.pdf](https://crippen.education.ufl.edu/projects/PASS/Summer_2005/Wattt_pev18i5p213.pdf)> Acesso em: 11 jul. 2014.