



## **Revisão da Literatura: Investigando Concepções Alternativas em Termoquímica**

**Jorge Fofano Junior<sup>1</sup> (IC) [jorge.fofano@usp.br](mailto:jorge.fofano@usp.br)**

*<sup>1</sup>Av. Prof. Lineu Prestes, 748 – Cidade Universitária, São Paulo – SP, 05508-000.*

Palavras Chave: *termoquímica, concepções alternativas, ensino, energia, calor, ciência, cotidiano*

### **Resumo**

O dado trabalho visa destrinchar as concepções alternativas referentes aos conceitos de calor e energia, amplamente empregados na área de Termoquímica, campo responsável por estudar as trocas de calor nas transformações químicas. Serão discutidas as origens e implicações das concepções alternativas em situações de ensino-aprendizagem deste conteúdo, atentando aos obstáculos heterogêneos com os quais professores e alunos se deparam. A discussão baseia-se em uma referência bibliográfica consolidada responsável por trazer também sugestões de novas propostas e metodologias capazes de contornar os problemas mais convencionais advindos do assunto.

### **Introdução**

O conhecimento humano, em toda a sua abrangência, não se atém a uma esfera sociocultural específica, delimitada no espaço e tempo. Lidar com esta natureza absoluta do conhecimento é, paradoxalmente, o problema e a solução para entender como o mesmo se constrói. Assim reconhecendo, torna-se impossível, por exemplo, que o saber escolar não seja influenciado pelo saber cotidiano e vice-versa. Tal reflexão, quiçá generalista, é um bom ponto de partida donde se pode caracterizar a discussão que aqui se quer desenvolver: como os alunos formam seu conhecimento a respeito dos conceitos de “calor” e “energia” inseridos no contexto próprio da Termoquímica. Inicialmente, é válido considerar que no próprio domínio da ciência, a energia é uma entidade notadamente abstrata, que só se tenta definir associada a demais grandezas, como trabalho e o calor. Fora do domínio científico, no entanto, alusões a energia e calor são cotidianamente empregadas em significações muitas vezes distintas daquelas utilizadas pela ciência e ensinadas na escola. No dia-a-dia, a energia passa a ser



um adjetivo e se veste de um caráter esotérico; calor, por sua vez, se mistura com o conceito de temperatura e se define por oposição a um outro ente, inexistente no domínio científico, que é o frio. Fato é que o conhecimento do dia-a-dia é resiliente e compõe parte considerável do saber do aluno; este conhecimento está internalizado e se manifesta quando os alunos se deparam com fenômenos em que precisam explicar e estabelecer as relações lógicas que conferem sentido a tais fenômenos. Este conhecimento oriundo da vivência do indivíduo, distinto do padrão científico, é denominado concepção alternativa.

As concepções alternativas são inteligíveis, plausíveis e proveitosas no âmbito do cotidiano, isto é, são suficientes para a compreensão da natureza. Por exigirem menor esforço cognitivo, estarem amplamente disseminadas no entorno do aluno e possuírem uma natureza eminentemente individual, as concepções alternativas tornam-se obstáculos a aprendizagem escolar. Vale ressaltar, no entanto, que o cotidiano não é a única origem destas concepções, longe disto: elas advêm da linguagem praticada, de analogias equivocadas, de representações didáticas impróprias e metodologias de ensino pouco problematizadas.

Há estratégias viáveis para dar conta das concepções alternativas, é pertinente abordar aqui duas: a mudança conceitual e a elaboração de um perfil conceitual, ambas são discutidas por Bastos (1998). A primeira abordagem, mais antiga, consiste de criar argumentos e exemplificar situações reais em que as teorias dos alunos sejam postas em cheque no objetivo de descreditar a concepção alternativa, forçando que os alunos a vejam como um “obstáculo epistemológico” e, conseqüentemente, a descartem. Este método, no entanto, é muito criticado, pois trazer contínuas situações de conflito pode ser extremamente desmotivador e frustrante aos alunos, além disto, este método não considera lacunas de conhecimento como fator capaz de originar as concepções errôneas. Opondo-se a referida abordagem, a elaboração de um perfil conceitual defende a não exclusão mútua das concepções alternativas e das concepções ditas científicas, uma vez que é possível a formulação de um conjunto de diferentes versões para um mesmo conceito. Estas versões poderiam, por sua vez, ser desenvolvidas e adequadas em diferentes contextos: soará pedante se, ao comprar um agasalho, o comprador pedir um material que seja um bom isolante térmico e impeça seu corpo de trocar calor com o ambiente; no lugar disto, basta



que o mesmo peça um agasalho quente (como se calor fosse uma propriedade material), o que será compreendido perfeitamente bem. É mais cabível ao papel do professor chamar atenção a empregabilidade dos conceitos nos diferentes contextos do que promover uma “caça livre” as concepções alternativas, como salienta Mortimer e Amaral (1998):

"Consideramos inviável querer extinguir as concepções cotidianas dos alunos sobre calor e temperatura (...) Em lugar de tentar suprimi-las, seria melhor oferecer aos alunos condições para tomar consciência de sua existência e saber diferenciá-las dos conceitos científicos."

As dificuldades de compreensão da Termoquímica, no entanto, estão além das limitações em entender calor e energia. Como irá se observar adiante, os alunos apresentam dificuldades em distinguir os níveis representacionais da realidade, tendendo muitas das vezes a conferir características macroscópicas, como cor e forma, aos entes e processos submicroscópicos como átomos, moléculas, ligações e reações químicas; estas dificuldade já foram evidenciadas por Barros (2009). Isto abre margem também para a discussão de ferramentas no ensino de Química, como atividades de modelagem para a compreensão e representação dos sistemas químicos.

De todas as formas, é essencial que o docente reflita a investigação das concepções alternativas como forma também de reavaliar a sua didática, as ferramentas culturais que costuma utilizar e sua metodologia de modo que o processo de aprendizagem seja realizado de maneira mais autêntica e consistente.

## **Metodologia**

O procedimento é fundamentado no modelo desenvolvido por Raviolo e Aznar (2003) em seu artigo de revisão “*Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación ao equilíbrio químico*” (ver Referências Bibliográficas). Foram escolhidos para os fins de investigação seis periódicos de abrangência nacional e internacional. Como na metodologia proposta de Raviolo e Aznar (2003), recorre-se, neste estudo, a seis perguntas investigativas: quais



são as amostras educacionais avaliadas? Qual é a fonte de publicação? De que metodologia o autor se utilizou para fazer sua investigação? Quais assuntos referentes à termoquímica são tratados? Quais são as sugestões dos autores para o ensino desses conceitos? Como as dificuldades podem ser classificadas? Uma vez realizada a atividade de busca bibliográfica, as respostas dessas perguntas direcionadas ao objetivo deste trabalho levaram à construção da *Tabela 1*.

**Tabela 1: Relação das investigações sobre as concepções alternativas em termoquímica**

Nº	Autores	Ano	Metodologia	Nível Educacional das Amostras	Fonte de Publicação
1	Mortimer, E. e Amaral, L.	1998	RL*	Estudantes de nível médio	Química Nova na Escola
2	Martins, I. P.	1993	E, O, RP	Estudantes de nível fundamental, médio	Livro: Ensino de Ciências e Formação de Professores. Portugal: Universidade de Aveiro.
3	Barker, V.	2000	O, RL	Estudantes de nível fundamental e médio (11 a 18 anos)	Relatório para a Royal Society of Chemistry
4	Berke, HD et al.	2009	RL*	Do nível mais básico ao nível superior*	Livro: Misconceptions in Chemistry
5	Köhnlein, J.F.K	2013	RL, Q, TOM	104 alunos de nível superior	TCC para UFSC
6	RAFAEL, F. J. e MARTINS, A. F.	2007	Q, TOM, RL	50 alunos de Ensino Médio	Dissertação Mestrado para UFRN

(Q: questionário; E: entrevistas; O: observações; TOM: testes de opções múltiplas; RP: resolução de problemas; RL: revisão literária \*: sem mais especificações)



## **Resultados e Discussão**

### **Sumarização das concepções investigadas**

Como indicado no texto modelo, as concepções alternativas serão divididas em categorias para melhor análise: a) natureza do calor e equilíbrio térmico; b) temperatura e sua visão cinético-molecular; c) energética das ligações químicas; d) capacidade calorífica dos materiais; e) conservação de energia. Na *Tabela 2*, sumariza-se a cada categoria criada, as concepções alternativas relatadas nos periódicos e livros cuja investigação se baseia.

As dificuldades mais comuns notadas foram: definir e diferenciar calor e temperatura, entender o conceito de equilíbrio térmico, compreender calor como um processo de transferência de energia, assumir que frio não é um conceito cientificamente aceito, compreender que a quebra de ligações sempre faz uso de energia para ocorrer (e a formação, libera), entender o conceito de capacidade calorífica, considerar que as sensações são falsas medidas de temperatura e compreender o conceito de conservação de energia.



**Tabela 2: Concepções atreladas a cada uma das categorias criadas segundo**

<b><i>Categoria</i></b>	<b><i>Concepção alternativa</i></b>	<b><i>Investigação</i></b>
<i>Natureza do calor e equilíbrio térmico</i>	Calor é uma substância	1,2,6
	Calor é uma propriedade material	1,6
	Calor pode ser medido pelos sentidos	1
	Calor é uma forma de energia que pode ser estocada ou retirada de um sistema	2,5,6
	Calor e temperatura correspondem a mesma grandeza	1,4,5
	Calor é definido como oposto de frio	1,6
	Corpos esfriam espontaneamente	1,5
<i>Temperatura e sua visão cinético-molecular</i>	Temperatura é diretamente proporcional ao calor	1,4,5,6
	Temperatura é utilizado como sinônimo de energia	2,6
	Corpos maiores tendem a ter maior temperatura	5,6
	O ponto de ebulição de uma substância define sua máxima temperatura	4
	Para aquecer dois corpos à mesma temperatura, é necessário fornecer a mesma quantidade de calor	5
	Temperatura é uma medida da mistura de calor e frio de um objeto	5
	Agitação molecular (vibração, translação e rotação) sendo a mesma coisa que energia cinético-molecular (conceito de T)	2
<i>Energética das Ligações Químicas</i>	A quebra de ligações libera energia	3
	Ligações químicas armazenam energia	3
	Formar ligações requer energia	3
	ATP é a “moeda energética” – quebra gera energia	3,4
	Combustíveis estocam energia	
	Passagem de sólidos para líquidos e de líquidos para gases é forçosamente exotérmica	6
	Moléculas expandem se forem aquecidas	3
<i>Capacidade Calorífica dos Materiais</i>	Metais são mais frios que madeira	1,4,
	Sensação de quente ou frio pode ser utilizada para definir diferença real de temperatura	1,4
	Ferro esquenta mais rápido do que areia, então alcança uma temperatura maior.	1



Conservação de Energia	Energia pode ser acumulada por uma reação química	2,3
	Força e energia são a mesma coisa	2,6
	Energia interna é atrelada a temperatura ou a quantidade de calor	5
	Energia pode desaparecer de um sistema fechado	2
	Energia é unicamente associada a seres vivos	2,3
	Energia pode ser uma propriedade material (como em combustíveis)	3

### **Origens e discussão das concepções alternativas relacionadas a termoquímica**

As concepções alternativas podem ser obstáculos a aprendizagem, principalmente quando se trata do ensino de conceitos tão abstratos quanto calor e energia; ainda há um agravante: estes conceitos estão sendo trabalhados junto com entes também pouco tangíveis como reações químicas e ligações químicas, fazendo da Termoquímica um grande repositório de concepções que podem, inclusive, se alastrar por outras áreas da Química e das demais áreas do conhecimento. Em face das concepções alternativas dispostas na Tabela 2, é pertinente se questionar de onde elas vem. Retomando o que foi levantado na sessão *Introdução*, amparado pelo trabalho de Pozo e Crespo (2009), nota-se que as concepções circundam o aluno em muitos dos ambientes que ele está inserido, até mesmo na vida escolar.

Em um sentido de percepção mais amplo, as concepções alternativas são originárias de um impasse a qual todos podem estar sujeitos: o conflito mesocosmo vs. micro e macrocosmo como esquematizado por Pozo e Crespo (2009). O mesocosmo está relacionado ao mundo cotidiano, traçado pelas coordenadas espaço-temporais do “aqui e agora”. Neste domínio da compreensão, a realidade é concreta e inteligível, isto é, ela torna-se passível de interpretação dos nossos sentidos; a realidade pode ser moldada por relações dialógicas e representada por símbolos que dão sentido ao mundo e assim funcionam. Quando do trânsito para a dimensão micro ou macro, a realidade perde sua característica “presencial” e passa, em todos os efeitos, a ser abstrata.



Para o caso do macrocosmo, o tempo e o espaço não são perceptíveis, fala-se de tempo geológico, evolução biológica e espaço astronômico. No caso do microcosmo, os entes não são células, partículas subatômicas, ondas mecânicas e eletromagnéticas. Ambos os cosmos estão associados a uma realidade virtual e são objetos de estudo do universo científico, ciência esta que faz uso de modelos idealizados e leis universais para compreender estes domínios. Quando tenta-se assimilar sentido a estes domínios partindo da vivência mesocósmica, os erros tendem a se manifestar, mesmo que pareçam coerentes ao indivíduo e possuam reprodutibilidade no cotidiano.

A origem cultural é, dentre as origens, a mais difícil de se lidar: o viver do aluno não se restringe ao contexto da escola, de modo que em todos os outros contextos, são bastante comuns equívocos relacionados a ideia de temperatura, calor e energia. Em propagandas, jornais televisivos, conversas informais, etc. temperatura e calor possuem o mesmo significado. Ambos estão intimamente atrelado aos adjetivos “frio” e “quente”. Dizer que deve se usar um agasalho quente, pois o tempo está frio, ou que a porta deve se manter fechada para evitar que o frio entre são situações linguísticas que representam uma confusão enorme sob o ponto de vista científico, implicando em equívocos quanto a natureza do processo de transferência de calor, da capacidade calorífica dos materiais e da natureza cinético-molecular da temperatura. O uso linguístico banalizado destes termos são sistematizados e internalizados pelos alunos e passam a ser reprodutíveis, conforme é alertado em Moscovici (1984).

A origem sensorial possui forte apelo aos alunos, podendo se observar amplamente em três das categorias de concepções alternativas (*Natureza do calor e equilíbrio térmico, capacidade calorífica dos materiais e temperatura*). A ideia “substancialista” de que um corpo contém calor, ou de que um metal é mais frio que um pedaço de madeira automaticamente advém do tato: um está “quente” e o outro está “frio”. Outras concepções sobre esse assunto podem ser consideradas espontâneas, por exemplo a dificuldade de se entender o princípio da conservação de energia. É complicado para o aluno abstrair a ideia de energia, é mais fácil para ele acreditar que a energia desaparece do que transpor isso para o conceito de conversão das formas de energia. Em Martins (1993) é observado sistematicamente que os alunos repaginam a teoria do “flogisto” no caso dos





reagentes principais ao atribuir energia a um reagente, acreditam que as reações e as trocas de energia ocorrem em etapas descontínuas, atribuem uma “substancialização” da energia que torna suscetível a transformação e que esta pode entrar e sair do sistema. Os alunos também sugerem que a passagem de líquidos para sólidos sejam por via de regra endotérmicas, pois acreditam que os sólidos sejam estados mais energéticos – ligados mais intensamente – e atuando de maneira contrária para a situação de fusão.

A origem sensorial é responsável pelo desenvolvimento de concepções espontâneas, inferidas por intuito e respeitando regras associativas muito claras de pensamento; isto ocorre, por exemplo, quando o aluno afirma que para aquecer dois corpos a mesma temperatura, é necessário fornecer igual quantidade de calor (há covariação quanti e qualitativa, segundo explicitado ainda em Pozo e Crespo (2009)).

A origem escolar nasce pela associação sem cuidados com outras disciplinas, analogias mal executadas pelo professor e representações incompletas e ambíguas nos livros didáticos. Os conceitos de energia, calor, temperatura e ligações químicas permeiam os anos escolares no objetivo de trazer aos alunos a versão cientificamente aceita, mas, no momento da resignificação destes conceitos é que novas concepções alternativas podem surgir. O aluno, durante seu processo de assimilação do conhecimento, tenta trazer seu aporte cotidiano para que este conhecimento faça sentido. O descuido de linguagem do professor em situações de ensino-aprendizagem também pode gerar dificuldades de compreensão aos alunos; responde tipicamente a esta origem, as concepções referentes a energética das ligações químicas. Como visto em Barker (2000) e depois em Oliveira e Santos (1998), os alunos tendem a achar que a quebra de ligações gera energia, uma vez que combustíveis possuem energia e que o ATP é a moeda energética do nosso metabolismo, por exemplo. Concepções alternativas podem advir de terminações generalistas: o próprio ato de se falar em “energia química” é geral demais para qualquer contexto. Por si só, este termo não basta e precisa ser complementado para conferir o sentido desejado: o óleo não possui energia química, mas é o saldo energético do processo de sua queima que faz a chama se manter acesa. Em um nível atômico falar em energia química pode significar negligenciamento da



complexidade energética que se tem em sistemas deste tipo: átomos vibram, rotacionam, transladam e possuem energia potencial. Isto pode ser confundido com a definição de energia cinético-molecular que se atribui a temperatura.

### **Sugestões para evitar concepções alternativas em termoquímica**

Esta parte da revisão será dividida dentre as categorias criadas para abordagem das concepções alternativas, seguindo o modelo de Raviolo e Aznar (2003). Estas sugestões podem ser utilizadas para que o professor repense um ensino mais cuidadoso no que diz respeito às ferramentas culturais que este utiliza, sua didática e seu método.

a) Natureza do calor e equilíbrio térmico:

- Desmitificar a ideia de que calor é uma substância e de que corpos podem conter calor;
- Calor é fluxo de energia que só se estabelece quando dois corpos possuem temperaturas diferentes e, portanto, na situação de equilíbrio térmico, não há calor fluindo;
- Sistemas como ferro de passar roupa, corpo humano e vela não podem ser utilizados como bons exemplos de equilíbrio térmico, pois são fontes de calor (estão constantemente a temperaturas superiores que o ambiente e portanto fazem com que haja fluxo de calor);
- Explicação qualitativa da primeira lei da termodinâmica: o sistema possui energia interna, mas não calor e nem trabalho (Mortimer e Amaral, 1998);

b) Temperatura e sua visão cinético-molecular:



- Mostrar o conceito de temperatura como um parâmetro, baseado numa escala, que determina se haverá ou não transferência de energia na forma de calor;
- Evidenciar que, à nível molecular, a temperatura pode ser interpretada como medição da agitação molecular, de modo a considerar que esta agitação está envolvida com movimentos de translação, vibração e rotação.
- Balizar o pensamento dos alunos a despeito do conceito de “frio” como sendo um grau menos elevado de agitação molecular, dado um referencial, que receberá calor de um corpo com maior temperatura. Assim, o frio não “entra” e nem “sai”.
- A expansão de um corpo pode ser atribuída a um processo de aquecimento, mas isto não significa que corpos maiores possuam maior temperatura.
- Mostrar o funcionamento de um termômetro da seguinte forma: os choques entre as partículas de um líquido com um bulbo de um termômetro transferem energia para o vidro, que aquece e, por sua vez, transfere energia para os átomos de mercúrio, provocando uma dilatação daquele sistema (Barros, 2009).

c) Energética das ligações químicas:

- Evitar a ideia de “depósito” de energia que alimentos, combustíveis e moléculas como o ATP possuem – trabalhar a ideia de saldo energético.
- A formação de ligações libera energia, pois é uma transformação que visa trazer maior estabilidade ao sistema (menor energia potencial).
- A quebra de ligações é endotérmica e a formação é exotérmica tanto para compostos covalentes, quanto para compostos iônicos (Barker, V. 2009)



#### d) Capacidades caloríficas dos materiais

- Empregabilidade de exemplos tangíveis e pertencentes ao cotidiano do aluno para demonstrar as diferentes capacidades caloríficas: metal e argila;
- Conflituar a ideia de que o tato pode ser utilizado para discriminar qual corpo possui a maior temperatura. O experimento citado em Mortimer e Amaral (1998) pode ser de grande ajuda para introduzir o conceito de capacidade calorífica.

#### e) Conservação de energia

- Favorecer sempre a ideia de que energia não se forma nem se perde, apenas pode ser convertida de uma forma para outra, sempre atentando ao fato de que é sempre conservada após um processo como uma reação química;
- Introdução de uma perspectiva atômico-molecular para explicar a ideia de temperatura, energia interna, cinética e potencial (Barros, 2009);
- Encorajar os alunos a pensarem que energia pode estar disponível numa forma útil ou não útil, para relacionar com os conceitos de calor e trabalho (Barker, 2000);

### **Conclusão**

Destrinchando uma soma de 6 referências nacionais e internacionais, foi possível organizar e categorizar as concepções alternativas no tema termoquímica, mostrando dificuldades recorrentes dos estudantes que existem há décadas, já que há narrativas das mesmas desde o início da década de 90.

Notou-se que muitas das dificuldades não são vistas apenas em aluno de nível básico, mas também são encontradas em alunos de nível médio e universitário, reiterando a necessidade de se trabalhar essas concepções para uma melhor compreensão dessa área abstrata da química.



## Referências bibliográficas

BARKER, V. Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas. Relatório de pesquisa elaborado para a Sociedade Real de Química.

BARROS, L. C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma Visão Atômico-Molecular. Química Nova na Escola. v.31, n.4, p.241-245, Novembro, 2009.

KÖHNLEIN, J.F.K. Um estudo sobre as concepções alternativas de calor e temperatura. TCC para Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, 2013.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. Química Nova na Escola. n.7. Maio, 1998. p.30-34.

POZO, J.I. A Aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Artmed. 2009..

RAVIOLO, A. e Aznar, M. M. Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación ao equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didáticas, *Educación Química*, 2003,14 (3), 159 – 164

MARTINS, I. P., Concepções alternativas sobre a energia nas reações químicas. Ensino de Ciências e Formação de Professores. Portugal: Universidade de Aveiro. 2, 7-38, 1993.

OLIVEIRA, R. J., Santos, J. M., A energia e a química, Química Nova na Escola, n. 8, p.19-22, 1998.

RAFAEL, Francisco Josélio. Elaboração e aplicação de uma estratégia de ensino sobre os conceitos de calor e temperatura. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências-Naturais e Matemática) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.