



04

ANÁLISE DAS DIFICULDADES CONCEITUAIS SOBRE O CONCEITO DE TERMOQUÍMICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA

Analysis of Conceptual Difficulties on the Concept of Thermochemistry in the Initial Training of Chemistry Teachers

REDEQUIM, v. 5, n. 2,
p. 55-70, 2019.

**Ana Paula Sabino
Oliveira**

anapsabyno@hotmail.com

Escola Estadual Dom Wunibaldo
Talleur (EEDWT)

orcid.org/0000-0003-2400-5618

Deividi Marcio Marques

deividi@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia
(UFU)

orcid.org/0000-0002-3841-698X

RESUMO

O artigo tem por objetivo investigar as dificuldades dos licenciandos em Química, no entendimento dos conceitos em termoquímica e averiguar a inserção dos aspectos submicroscópicos na abordagem deste conteúdo. Para isso, foi realizado um Grupo Focal com estudantes de um curso de licenciatura em química sendo evidenciada a dificuldade dos mesmos em inserir o nível submicroscópico do conhecimento químico nas discussões acerca dos fenômenos endotérmicos e exotérmicos. Acredita-se que essas fragilidades se devem pela fragmentação dos conceitos químicos, bem como à desarticulação dos níveis do conhecimento químico: o fenomenológico, o teórico e o representacional.

Palavras-Chave: Termoquímica. Ensino de Química. Formação de Professores de Química

ABSTRACT

The article aims to investigate the difficulties of undergraduate students in Chemistry, in understanding the concepts in thermochemistry and investigate the insertion of submicroscopic aspects in the approach of this content. To this end, a Focus Group was held with students from a degree course in chemistry, highlighting their difficulty in inserting the submicroscopic level of chemical knowledge in discussions about endothermic and exothermic phenomena. These weaknesses are believed to be due to the fragmentation of chemical concepts, as well as the disarticulation of the levels of chemical knowledge: the phenomenological, the theoretical and the representational.

Keywords: Thermochemistry. Chemistry Teaching. Chemistry Teacher Training.



INTRODUÇÃO

As propostas recentes no ensino de Química apontam à necessidade de desenvolver atividades em que os estudantes tenham um envolvimento ativo neste processo, de modo que as interações entre professor-aluno e aluno-aluno sejam valorizadas, dando possibilidades para se expressarem conceitualmente, bem como quais são as dificuldades apresentadas (SOUZA; JUSTI, 2011).

Nesta perspectiva, se faz necessário que o docente reflita além de sua formação, mas também analise o currículo, as metodologias e o ensino, visto que esses aspectos influenciarão no desenvolvimento e na capacidade reflexiva de seu trabalho e do processo de ensino e aprendizagem (MIRANDA; SUART; MARCONDES, 2015).

Quanto ao ensino da termoquímica, acredita-se na importância de uma proposta didática em que as aulas gerem uma discussão dos aspectos macro e submicroscópicos envolvidos nos processos endotérmicos e exotérmicos e, também, proporcionem aos discentes uma participação ativa na construção desse conhecimento.

O interesse por investigar a termoquímica surgiu a partir de algumas experiências vivenciadas durante o curso de Licenciatura em Química e pela atuação no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - PIBID. A oportunidade de participar deste programa proporcionou diversas experiências, dentre elas destacamos o estudo do livro didático de Química adotado pelas escolas parceiras, análise de artigos acadêmicos, trabalhos publicados em anais de eventos, o acompanhamento da rotina do trabalho do professor supervisor e analisando os conteúdos ministrados, bem como os materiais didáticos utilizados, a dinâmica da sala de aula e os processos avaliativos.

Durante o acompanhamento das aulas referentes ao conteúdo de termoquímica, foi analisado o capítulo do livro didático deste assunto, o qual permitiu uma reflexão sobre os fenômenos submicroscópicos envolvidos e, desse modo, uma melhor compreensão deste nível de aprendizagem.

No entanto, essa reflexão desencadeou alguns questionamentos: Quais as dificuldades dos alunos de um curso de graduação em Química - Licenciatura em relação ao ensino de termoquímica? Se há dificuldades no ensino e aprendizagem da termoquímica, como superá-las?

Deste modo, o presente estudo teve como objetivo verificar as dificuldades dos licenciandos em Química sobre os conceitos em termoquímica, analisando se os mesmos consideram os aspectos submicroscópicos em sua abordagem.

Assim, repensar a abordagem da termoquímica que não dê ênfase apenas aos aspectos quantitativos, mas também nos aspectos qualitativos e submicroscópicos deste assunto decorre por acreditar, assim como Echeverría (1996, p. 15) “que uma compreensão adequada dos fatos químicos se dá no nível microscópico”.

Além disso, no ensino da termoquímica se faz importante a utilização de um processo que possibilite a compreensão dos aspectos relacionados à quebra e formação de ligações - essenciais em toda transformação química, contemplando a explicação do saldo energético final da transformação, caracterizando assim o processo como endotérmico ou exotérmico (SOUZA, 2007), bem como compreender a energia envolvida nas mudanças de estado físico.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Níveis do Conhecimento Químico

De acordo com Machado (2014, p. 149) é importante que na constituição de um pensamento químico sejam considerados “alguns aspectos que dizem respeito à relação

entre contextos/conceitos, conteúdos e a sua forma de articulação dos diversos níveis de conhecimento químico”.

Zanon e Palharini (1995) ressaltam que no processo de ensino dos conceitos químicos, observa-se uma dificuldade entre os alunos quanto à aprendizagem dessa Ciência, considerada abstrata, principalmente no que tange a linguagem específica e o significado e aplicação de alguns conceitos.

Assim, segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000), na Química os objetos de estudo são os materiais e as substâncias, suas propriedades e sua constituição, bem como suas transformações. Por isso, didaticamente, é necessário fazer-se uma distinção dos três aspectos do conhecimento da Química: o fenomenológico, o teórico e o representacional.

O aspecto fenomenológico (macroscópico), de acordo com os autores, relaciona-se aos fenômenos de relevância da Química, por exemplo, os concretos e visíveis, ou seja, o observável. Já o teórico (submicroscópico) diz respeito às “informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente perceptíveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons etc.” (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 276). E o representacional refere-se a linguagem química, ou seja, a natureza simbólica que facilita a comunicação por meio da linguagem científica, por exemplo, as fórmulas e equações químicas e, a representação de modelos (idem, ibidem).

Neste sentido, Justi (2011) destaca que a Química é considerada uma ciência muito complexa para os alunos, pois temos vários fenômenos que podem ser observados no nível macroscópico, no entanto, para explicá-los são necessários conceitos situados no nível submicroscópico, sendo que muitos estudantes não conseguem relacionar esses níveis por ser considerado abstrato. A autora assinala esses fatores como uma das barreiras para sua aprendizagem. Assim, contra essa barreira, “os professores podem usar modelos de ensino, entretanto um professor nunca deve se esquecer de que o objetivo de um modelo de ensino é favorecer ou facilitar a compreensão de um modelo curricular” (JUSTI, 2011, p. 218).

Níveis do Conhecimento Químico

Neste contexto, buscou-se identificar as pesquisas desenvolvidas sobre a termoquímica e, para isso, houve a necessidade de um levantamento de estudos disponíveis na literatura que abordassem os conteúdos, o ensino e a aprendizagem.

O estudo da termoquímica é de fundamental importância, pois relaciona vários fenômenos ocorridos em nosso dia a dia. Assim, entender como ocorrem as transformações de energia nas reações químicas e/ou processos físicos auxilia na compreensão dos fenômenos cotidianos. No entanto, definir energia não é uma tarefa fácil, mesmo sabendo que esse conceito é fundamental para entendimento de vários fenômenos (MORTIMER; AMARAL, 1998).

É importante ressaltar que a abordagem deste conteúdo no Ensino Médio envolve alguns conceitos como energia, calor e temperatura que são geralmente empregados no nosso dia a dia. Porém, essas palavras,

não têm o mesmo significado na ciência e na linguagem comum. Isso tem sido causa de dificuldades no ensino de química, pois na maioria das vezes o professor trabalha conceitos mais avançados como calor de reação, lei de Hess etc., sem uma revisão dos conceitos mais básicos. O resultado, muitas vezes, é um amálgama indiferenciado de conceitos científicos e cotidianos, sem que o aluno consiga perceber claramente os limites e contextos de aplicação de um e de outro (MORTIMER; AMARAL, 1998, p. 30).

Neste sentido, os autores discutem algumas concepções de calor e temperatura apresentadas por estudantes as quais são decorrentes da maneira como nos expressamos em nosso cotidiano. Segundo eles, os estudantes têm a ideia que “o calor é uma substância”, consideram que têm “dois tipos de ‘calor’: o quente e frio” e ainda dizem que “o calor é diretamente proporcional à temperatura” (idem, ibidem).

Ainda de acordo com Souza e Justi (2011), no senso comum são encontradas concepções que são diferentes dos conceitos científicos. No que se refere ao conceito de energia muitos termos são empregados inadequadamente sendo constatadas incoerências em alguns textos didáticos e paradidáticos. O calor, em muitos casos, é dito como uma forma de energia e não como um fluxo de energia decorrente de uma diferença de temperatura (SOUZA; JUSTI, 2011).

Além disso, Barros (2009, p. 241) discute que é comum, na abordagem da termoquímica, os discentes demonstrarem dificuldades “relacionadas às variações de temperatura em processos endotérmicos e exotérmicos ou outras ligadas às energias cinética e potencial das partículas”. Neste sentido, “a interpretação atômico-molecular de processos endotérmicos e exotérmicos exige clareza quanto aos aspectos macroscópicos dos experimentos” (BARROS, 2009, p. 241), além da compreensão destes fenômenos em nível submicroscópico, que geralmente são excluídos das aulas de Química do Ensino Médio. Ainda, conforme esse mesmo autor, os alunos apresentam dúvidas “quanto à associação de ruptura e formação de ligações (ou de interações intermoleculares) com absorção e liberação de energia” (BARROS, 2009, p. 241), não conseguindo fazer relação com outros conceitos já aprendidos no estudo da Química.

Quanto à energia envolvida nas transformações químicas, Souza e Justi (2011) destacam a importância de se desenvolver atividades que abordem as relações energéticas envolvidas no rearranjo dos átomos (quebra e formação de ligações) de modo que o processo seja classificado como endotérmico ou exotérmico mediante a análise do saldo energético final.

METODOLOGIA

A pesquisa consistiu em uma análise qualitativa, cujo objetivo foi verificar as concepções de estudantes em formação inicial (bolsistas de iniciação à docência do PIBID) de uma universidade pública, no tocante aos aspectos qualitativos da termoquímica. De acordo com Lüdke e André (1986, p. 18), a análise qualitativa é um processo que se desenvolve “numa situação natural, é rico de dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada”.

Para coleta de dados foi desenvolvido um Grupo Focal com a finalidade de promover uma discussão sobre os aspectos quantitativos e qualitativos dos processos endotérmicos e exotérmicos, bem como averiguar como se dá a abordagem deste tema.

Sobre a técnica de Grupo Focal, Powell e Single (1996, apud GATTI, 2005) ressaltam que essa consiste em um grupo de pessoas reunidas para a discussão e comentários sobre um determinado tema, levando em consideração suas experiências pessoais. De acordo com Morgan e Kruegrer (1993 apud GATTI, 2005 p. 9-10) a investigação realizada por meio de Grupo Focal objetiva a captação de informações mediante “trocas realizadas no grupo, conceitos, sentimentos, atitudes, crenças, experiências e reações”, de maneira que nem sempre é possível de se obter utilizando outras técnicas, a exemplo da entrevista e questionários.

Assim, para direcionar as discussões foi elaborado um roteiro problematizador com questões semiestruturadas e um questionário que abrangia aspectos conceituais e metodológicos em termoquímica.

Para este artigo iremos analisar apenas as discussões à luz das respostas do questionário apresentadas de forma oral pelos participantes e não no material escrito e recolhido durante a pesquisa.

Os dados obtidos do Grupo Focal foram gravados em áudio e transcritos para posterior análise. Para organização e análise dos dados utilizou-se a abordagem metodológica de análise de conteúdo. Segundo Moraes (1999) essa metodologia é utilizada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos, auxiliando o pesquisador a reinterpretar as mensagens e atingir uma compreensão de seus significados que vão além de uma leitura comum.

O Grupo Focal foi realizado em dois encontros com duração de uma hora e trinta minutos. No primeiro encontro estiveram presentes 10 licenciandos e, no segundo encontro, 7 licenciandos. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participarem da pesquisa.

No primeiro encontro foram abordadas questões para reconhecimento do grupo (formação acadêmica, experiência como bolsista, entre outros). Também foram abordados aspectos gerais sobre termoquímica, a fim que os participantes ficassem à vontade e conseguissem, no próximo encontro, interagir mais facilmente com o grupo e com a pesquisadora. O segundo encontro contemplou as questões propostas, bem como o questionário, abordando o conceito da termoquímica de forma que pudesse explorar o nível submicroscópico.

Para garantir o anonimato, os estudantes citados ao longo da análise do Grupo Focal serão identificados pela letra “B”, sendo associados a cada um deles um número, identificados como B1, B2 sucessivamente. A pesquisadora que teve o papel de mediadora durante os encontros será identificada como PQ.

No quadro 01 serão apresentadas algumas informações de cada participante do Grupo Focal.

Quadro 01: Informações sobre os participantes do Grupo Focal

Participante	Período do curso de Licenciatura em Química	Tempo de atuação como bolsista	Contato com a termoquímica no Ensino Médio	Contato com a termoquímica na Graduação
B1	3º período	9 meses	Não se lembra de ter estudado esse assunto, porém trabalhou o conteúdo durante o curso Técnico em Química.	Não cursou termodinâmica na graduação.
B2	9º período	2 anos e 7 meses	Estudou o assunto de forma superficial.	Estudou termodinâmica na graduação.
B3	5º período	9 meses	Estudou o assunto.	Não cursou termodinâmica na graduação.
B4	3º período	1 mês	Estudou o assunto de forma superficial, mas não se recorda com clareza.	Não cursou termodinâmica na graduação.
B5	3º período	1 mês	Não mencionou se estudou.	Não cursou termodinâmica na graduação.
B6	5º período	1 mês	Não estudou no Ensino Médio, porém o conteúdo foi trabalhado no cursinho preparatório para o vestibular.	Não cursou termodinâmica na graduação.
B7	7º período	2 anos e 7 meses	Estudou o assunto.	Estudou termodinâmica na

				graduação.
B8	9º período	3 anos e 9 meses	Estudou, porém, foi focado na diferenciação dos fenômenos endotérmicos e exotérmicos.	Estudou termodinâmica na graduação.
B9	7º período	2 anos e 3 meses	Estudou o assunto.	Estudou termodinâmica na graduação.
B10	11º período	3 anos e 10 meses	Estudou termoquímica, ficando focada nas definições.	Estudou termodinâmica na graduação.
B11	9º período	2 anos e 2 meses	Não mencionou se estudou.	Não cursou termodinâmica na graduação.

Fonte: os autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a apresentação dos resultados optou-se por realizar a categorização dos dados agrupando elementos semelhantes e apresentando trechos de algumas falas e alguns episódios. Portanto, delimitou-se essa investigação nas categorias apresentadas a seguir:

- Identificação de processos endotérmicos e exotérmicos.
- Entendimento de um fenômeno físico endotérmico e exotérmico.
- Entendimento de uma reação de combustão.
- Explicação de um fenômeno físico endotérmico e exotérmico

Identificação de Processos Endotérmicos e Exotérmicos

Quando questionados sobre como identificar um processo endotérmico e um exotérmico, foi notado que eles conceituam o endotérmico como um processo que absorve energia e, como um processo exotérmico, aquele que libera energia. Os livros didáticos, tanto da Educação Básica como do Ensino Superior apresentam essas definições ao conceituar esses processos: “um processo que libera calor para a vizinhança é chamado de processo exotérmico. [...]. Um processo que absorve calor é chamado de processo endotérmico [...]” (ATKINS; JONES, 2012, p. 244)

Em relação aos exemplos de processos endotérmicos e exotérmicos, notou-se que os licenciandos utilizam a sensação térmica para diferenciar um processo endotérmico de um exotérmico ao afirmarem que “endotérmico, por exemplo, que gela alguma coisa e o exotérmico que esquentar, né? (B4)”.

Em outro trecho foi possível observar a mesma concepção ao serem questionados como identificar um processo exotérmico:

B1: O que eu tinha também de definição era aquilo lá mesmo que a gente estava falando.

B4: Colocou a mão e está quente. [...]

B6: Exotérmico?

B4: Exotérmico.

B1: É o que falou sobre temperatura

B4: Porque o endotérmico vai.

B10: Exo vem de que? Liberação de calor?

B1: De liberação.

B6: Exo libera calor. [...]

B1: Igual ele falou, colocou a mão tá quente é exotérmica e colocou a mão tá gelado é endotérmica. Por isso que eu falei do sentido do KOH, porque eu lembrei que estava

fazendo a dissociação do hidróxido de potássio e ficou gelado. Na minha concepção isso classificaria como endotérmica.

A elevação ou diminuição da temperatura é uma maneira que pode ser utilizada em aulas práticas experimentais, conforme realizado por Souza (2007), para classificar processos endotérmicos e exotérmicos, uma vez que se o sistema absorve energia ao redor há diminuição da temperatura do sistema. Também desse modo, uma observação macroscópica permite classificar os processos por serem fatos presentes em nosso cotidiano.

Abaixo, o diálogo permitiu verificar a concepção de B1 em relação ao conceito de calor:

B1: Mas então e aí? É liberação de calor ou liberação de energia?

B6: Mas não ficaria gelado o exotérmico?

B4: Não. O endotérmico.

B1: O endotérmico que fica gelado.

[...]

B1: É de energia ou de calor? Porque se for só de calor aí eu não consideraria a combustão como exotérmica. Mas se for só energia.

B10: Mas o calor é o que?

B4: Ausência de temperatura.

B1: Temperatura né?

Percebe-se que B1 não compreende o calor como um fluxo de energia. Desse modo, apresenta a concepção de que o calor é diretamente proporcional à temperatura como apresentado no trabalho de Mortimer e Amaral (1998). Segundo os autores, essa concepção decorre do modo como lidamos com o 'calor' em nosso dia a dia. Em nossa linguagem é comum utilizarmos as expressões como 'faz muito calor', 'calor humano', entre outras. Como está enraizado em nossa cultura e linguagem, dizemos que 'faz muito calor' quando temos altas temperaturas. Por isso, essas "ideias fazem com que os conceitos de calor e temperatura sejam muitas vezes considerados idênticos" (MORTIMER; AMARAL, 1998, p.31).

Assim, se faz necessário inserir atividades em sala de aula, como as sugeridas no artigo de Mortimer e Amaral (1998), de modo a reconhecer as concepções dos estudantes e, com isso, construir ideias científicas, percebendo e reconhecendo as diferenças entre esses dois conceitos.

Exotérmicos Entendimento de um Fenômeno Físico Endotérmico e Exotérmico

O segundo encontro do Grupo Focal teve início com o seguinte questionamento: "Por que ao derramarmos acetona na mão, temos uma sensação de "frio"?". Desse modo, destaca-se o seguinte trecho das discussões:

B2: Seria um processo endo?

PQ: Endotérmico? Por que seria endotérmico?

[...]

B8: A gente sabe que ela evaporar rápido pela alta volatilidade dela, mas a sensação de frio...

PQ: Vou ajudar vocês pensarem... seria um processo endotérmico ou exotérmico?

B8 e B9: Endotérmico.

PQ: Endotérmico. Seria endotérmico porque está acontecendo o que?

B2: Está retirando calor. O calor está saindo.

B9: É.

PQ: E aí, se acetona volatiliza rápido, esse calor que está sendo absorvido está servindo pra que? Porque tem uma finalidade, concordam? [...]

B6: Frio? Porque ela absorve calor da nossa mão nesse caso. Se nossa mão está quente, está numa temperatura ambiente. Se a gente derrama sente essa sensação de frio porque imediatamente ela absorve o calor.

Pelas falas, observa-se que os licenciandos classificam o processo que ocorre como endotérmico, pelo fato de estar absorvendo calor. Porém, quando questionados o porquê que ocorre absorção, surgiu um conflito conceitual, tendo dificuldade de expor suas explicações.

Ainda B2 ao afirmar que “Está retirando calor. O calor está saindo” demonstra uma ideia substancialista do calor, “sendo entendido como uma substância material” e animista; o calor “considerado uma substância viva e que dá vida a outros seres/substâncias”. Ideias essas que foram apresentadas nos perfis conceituais propostos nos artigos de Amaral e Mortimer (2001); Diniz Júnior, Silva e Amaral (2015, p. 60).

Em meio ao conflito a pesquisadora instigou os estudantes dizendo que B8 já tinha dados alguns caminhos, porém eles ainda não tinham conseguido associar. Nesse momento eles retomam as discussões baseados na volatilidade da acetona:

B8: Volatilidade da acetona.

B7: A absorção é necessariamente para ela ter essa evaporação mais rápida.

PQ: E nessa evaporação o que acontece em termos atômico-molecular?

B7: Cada um em um canto.

PQ: E esse cada um em um canto significa o que?

B7: Cada molécula vai para um lugar e vai ter uma expansão do volume. As moléculas vão seguindo seus caminhos, digamos assim e se afastando cada vez mais.

PQ: Mas para elas seguirem seus caminhos o que precisa acontecer com elas?

B2 e B7: Agitação.

B2: Mas aí não tem.

PQ: Mas porque nós temos as moléculas juntas? Por que as moléculas de acetona ficam próximas umas das outras?

B6: Acho que precisamos ter alguma coisa...

B9: Interações intermoleculares. Elas ficam próximas umas das outras, devido suas interações intermoleculares.

PQ: Então é isso que mantém as moléculas de acetona unidas no estado líquido?

B9: Uhum.

PQ: Então, para a acetona passar para o estado gasoso, que é o que acontece na volatilização da acetona, precisa romper essas interações intermoleculares. Concordam? E como que vai romper essas interações?

B9: Absorvendo energia.

PQ: Exatamente. É por isso que a acetona absorve calor da nossa mão. E esse calor absorvido é para romper essas interações intermoleculares e as moléculas conseguem então mudar de estado físico. E a sensação de frio é justamente por isso. Conseguem pensar nisso?

Ao analisarmos, nota-se que os participantes associam a sensação de “frio” com a volatilidade da acetona. Porém, tem dificuldade de relacionar a absorção com o rompimento de interações intermoleculares, não apresentando argumentos em nível submicroscópico. Eles iniciam a discussão baseados no modelo cinético, explicando como as moléculas estão organizadas no estado gasoso, sendo necessária a intervenção da pesquisadora para relacionar a evaporação com o rompimento de ligações intermoleculares. Neste caso, precisa ficar conceitualmente claro é que na “ruptura de qualquer ligação química ou de interação intermolecular, o sistema absorve energia e há aumento de sua energia potencial” (BARROS, 2009, p. 243).

Ainda para explorar o entendimento de um fenômeno físico endotérmico, foi entregue um questionário para que os estudantes pudessem expressar de forma escrita seu

entendimento e auxiliasse/facilitasse as discussões. No questionário a primeira questão solicitava o cálculo da variação da entalpia da transformação da água do estado líquido para o estado gasoso, considerando os calores de formação indicados. Na segunda questão, os participantes deveriam indicar se a transformação apresentada na questão anterior era endotérmica ou exotérmica e explicar o processo em nível submicroscópico e o significado do valor numérico determinado.

Inicialmente, após tentaram desenvolver uma resposta, os estudantes alegaram que a primeira questão estava difícil de resolver, por isso, a pesquisadora fez algumas intervenções no sentido de auxiliar a resolução por meio da aplicação da Lei de Hess.

Com a explicação dada, os estudantes conseguiram encontrar valores para a variação de entalpia da transformação da água líquida em água gasosa, que variaram de +41 kJ/mol, -525 kJ/mol, +525 kJ/mol e nenhum valor.

Após os participantes compartilharem com o grupo os valores encontrados, antes da pesquisadora relatar quais valores estavam corretos, os próprios participantes chegaram a um consenso se haviam resolvido de maneira correta. Os estudantes se confundiram e não conseguiram aplicar a Lei de Hess. No entanto, o auxílio inicial e as intervenções feitas pela pesquisadora, podem ter influenciado nas respostas, uma vez que a aplicação da Lei de Hess não consiste na única forma de resolver o problema proposto. Porém, percebeu-se uma confusão de conceitos ao resolver a questão.

Analisando as falas, foi notório que eles compreendem a importância de se utilizar o sinal matemático positivo ou negativo como forma de representar se está ocorrendo absorção ou liberação de energia. Concordamos com Soares e Cavalheiro (2006) ao destacarem a importância de esclarecer aos estudantes que ao utilizarem equações químicas e submetem sinais matemáticos a valores de energia, estão utilizando, no primeiro caso, o nível representacional de uma reação química e no segundo, uma representação que houve uma variação de energia, ou seja, um consumo ou liberação de energia.

Em relação à discussão da segunda questão proposta no questionário de apoio, B6 afirma que ficou com dúvida em como explicar o processo em nível submicroscópico. Na primeira parte dessa questão, os estudantes deveriam classificar a transformação da água líquida em água gasosa como endotérmica ou exotérmica, sendo que as falas emergidas para essa questão classifica o processo corretamente como endotérmico. Sobre o porquê ocorre absorção, ou seja, a explicação em nível submicroscópico, ressalta-se a fala de B9: “Para que haja o rompimento das interações intermoleculares entre as moléculas de água ela precisa absorver essa quantidade de energia. E aí ocorre a mudança de estado”.

Quando indagados sobre o significado do valor numérico encontrado, os estudantes relataram que esse valor consiste na quantidade de energia que deve ser fornecida para água líquida para romper as interações intermoleculares existentes entre as moléculas de água para que ocorra a mudança de estado físico.

Dando sequência sobre o entendimento dos fenômenos endotérmicos e exotérmicos, destaca-se o seguinte diálogo:

PQ: E aí? Pensar em um fenômeno físico depois que falamos da acetona é tranquilo, não é? Pois são processos semelhantes. E o inverso? Se tivéssemos transformando água gasosa em água líquida?

B9: Seria liberado.

PQ: Mas, por que nesse caso seria preciso liberar?

B9: Porque no estado gasoso as moléculas estão no estado de agitação maior, então as interações intermoleculares estão... mais distantes.

[...]

B9: Estão menores e para que a água fique no estado líquido essas interações tem que ser maiores aí vai ter que liberar essa energia de alguma forma.

Nesse caso relatado, os graduandos conseguiram argumentar sobre os processos de absorção e liberação relacionando com o rompimento e formação de interações intermoleculares, trazendo para discussão o modelo cinético, porém isso só ocorreu após ter sido explicado essa associação para o caso da volatilização da acetona.

Diante do que foi exposto, evidencia como Rosa e Schnetzler (1998, p. 33) uma “ausência de limites entre o observável (fenomenológico) e o nível explicativo ou interpretativo (nível atômico-molecular)”, causando dificuldades na compreensão da finalidade dos modelos teóricos na interpretação de fenômenos e ainda uma carência na construção de conceitos fundamentais do conhecimento químico.

Entendimento de uma Reação de Combustão

A primeira discussão a respeito de uma reação de combustão surgiu no primeiro encontro quando B6 relatou um experimento em uma aula prática em que se observava a “queima do açúcar”.

A partir do relato surgiu uma discussão a respeito da classificação da reação como endotérmica ou exotérmica, como vemos na sequência:

PQ: Vocês estão achando que é um processo?

B10: Exotérmico.

PQ: Exotérmico?

B4: Eu não sei se pode ser classificado como processo exotérmico.

B1: Mas, por quê? Eles não precisam ser espontâneos, né? Endotérmicos e exotérmicos não são processos espontâneos?

PQ: Processos espontâneos?

B1: Que no caso dessa reação, a gente coloca álcool e acende o fósforo aí a gente tá colocando fogo.

B4: A gente que está fornecendo calor.

B10: Mas funciona sem colocar fogo também. Se você colocar só ácido, só com o ácido pega.

B4: É?

B10: Só com ácido pega. Não pega fogo não. Ele reage.

B2: Aham. Só ácido. Ácido e açúcar.

PQ: Então uma combustão nós não podemos classificá-la como um processo exotérmico?

B4: Não sei, mas acho que não.

B10: Pode.

B4: Talvez possa. Mas acho que eu tinha de conceito. Era assim, por exemplo, você misturou alguma coisa e esquentou aquilo lá é exotérmico. E não tacar fogo. Fogo é quente mesmo.

PQ: Então se fornecer uma energia. [...] você acha que esse processo não é mais exotérmico? [...]

Analisando as falas apresentadas, observa-se que os estudantes entraram em conflito ao classificar a combustão como exotérmica ou endotérmica, surgindo dúvida em relação à espontaneidade dessa reação e não conseguindo compreender a necessidade de fornecer energia para dar início à reação de combustão.

Sobre a espontaneidade das transformações, Mortimer e Machado (2013, p. 107) trazem como exemplo o gelo que “se converte espontaneamente em água à temperatura ambiente (lembre-se de que a fusão do gelo é um processo endotérmico, ou seja, absorve calor), fica evidente que nem todos os processos espontâneos são exotérmicos”.

Além disso, os autores trazem uma explicação sobre reações espontâneas que não ocorrem. Segundo eles, esse fato

está relacionado a uma área da Química importante para o estudo das reações: a cinética química, que estuda os caminhos pelos quais os processos químicos se processam e pode determinar se processos espontâneos ocorrem rápida ou lentamente. Há várias reações que são espontâneas e, no entanto, não ocorrem a não ser que haja um “empurrão inicial”. As reações de combustão são um exemplo de reações espontâneas que não ocorrem sem que um fator as desencadeie (MORTIMER; MACHADO, 2013, p. 107).

Desse modo, para termos o início de uma reação de combustão é necessária uma faísca ou chama, para dar um ‘empurrão inicial’, pois “a barreira inicial de energia que é preciso vencer para que o processo ocorra é muito alta” (MORTIMER; MACHADO, 2013, p. 107).

Assim, em uma reação de combustão, podemos dizer que a moléculas dos reagentes possuem maior energia potencial do que as moléculas dos produtos. “Isso significa que a energia liberada na formação das ligações químicas nos produtos foi maior que a energia gasta na quebra das ligações dos reagentes”. De tal modo, que a diferença de energia é então liberada para a vizinhança na forma de calor (idem, ibidem, p 80).

Já no segundo encontro levou-se, no questionário de apoio utilizado, uma equação termoquímica que representava a combustão do metano de modo a retomar a discussão iniciada no encontro anterior. Por isso, os estudantes foram questionados se a reação era classificada como endotérmica ou exotérmica, sendo que eles a classificaram como exotérmica:

B6: Porque é negativo. E negativo significa que está liberando energia. E no caso é exotérmica.

B7: E é uma combustão.

PQ: E o que significa ser combustão?

B7: Você vê o calor saindo dela. Você vê o fogo.

Com as falas percebemos que os estudantes utilizaram como critério a análise do sinal negativo como representação de um processo exotérmico, ou seja, utilizaram o nível representacional do conhecimento químico. Ainda B7 ao dizer que “Você vê o calor saindo dela. Você vê o fogo”, apresenta uma concepção substancialista do calor, “sendo entendido como uma substância material” (AMARAL; MORTIMER, 2001; DINIZ JÚNIOR; SILVA; AMARAL, 2015, p. 60).

Em relação à explicação do fenômeno em nível submicroscópico, destaca-se o seguinte trecho de falas:

B9: Tem a ver com rompimento das ligações carbono e hidrogênio, a liberação de energia. E a formação das novas ligações do carbono com o oxigênio.

B7: É uma boa. [...]

B7: Eu falaria rearranjo de átomos.

PQ: Mas para acontecer esse rearranjo de átomos...?

B7: Precisa ter essa quebra de ligações.

PQ: E formar...?

B7: E formação.

Pelas falas nota-se que os estudantes compreendem que em uma reação há o rearranjo de átomos e, para isso, tem-se o rompimento e formação de ligações químicas. A seguir, ressaltam-se as falas que consideram os aspectos energéticos envolvidos na reação:

B6: Pegando o exemplo que o B9 citou, cada carbono com hidrogênio, não só carbono-hidrogênio, mas carbono-oxigênio, carbono-carbono e outros. Cada um tem um ΔH diferente. Será que...?

[...]

B7: Você fala de fazer a comparação dos valores das ligações a serem quebradas e os valores das ligações a serem formadas. Aí faz o cálculo do geral para saber se dá esse resultado aí.

B6: É. Sim.

PQ: Para ter um rompimento de ligações o que a gente tem que fornecer?

B6: Energia.

PQ: Podemos dizer que no rompimento de ligações ocorre um processo de absorção?

B7: Sim. [...]

PQ: É preciso romper ligações e depois formar novas ligações. Mas nesse processo de rompimento e formação de ligações, o que está acontecendo em termos energéticos?

B9: Libera energia. Aí você teria que fazer um caminho cinético.

B7: Primeiro absorve na quebra e depois libera.

PQ: Primeiro absorve para romper.

B9: Isso e depois libera para formar.

PQ: Mas porque no final nós temos um valor negativo?

[...]

B9: Porque está liberando a energia. [...]

B9: Primeiro você fornece energia para romper as ligações aí no rearranjo essa molécula nova provavelmente tem uma energia menor do que a dos reagentes aí ela vai ter que liberar essa energia. Que aí explica o valor negativo. Exotérmico.

PQ: Vamos ver se eu entendi. Quer dizer então que quando se forma os produtos ocorre uma liberação de energia, nesse caso aqui da nossa reação, esses compostos possuem uma energia menor, então ocorre uma liberação de energia maior do que a absorção que está acontecendo nos reagentes?

B9: Sim.

PQ: Então aí eu posso dizer que o saldo energético final...?

B7 e B9: É negativo.

Evidencia nessas falas que os estudantes trazem para discussão o conceito de entalpia de ligação. Sobre a energia das ligações, Atkins e Jones (2012, p. 276) discutem que “em uma reação química, as ligações existentes são quebradas e novas são formadas. [...] A quebra de uma ligação é sempre endotérmica e a formação de uma ligação é sempre exotérmica”.

Sobre a liberação de energia na reação de combustão, os estudantes só conseguiram argumentar que a energia liberada na formação de ligações é maior que a absorvida no rompimento, por isso uma variação de entalpia negativa, com o auxílio/intervenção da pesquisadora.

A partir do diálogo a respeito do processo de combustão em nível submicroscópico surgiu uma discussão sobre uma reação química classificada como endotérmica, como vemos a seguir:

B6: Na verdade dependendo da ligação para conseguir romper essa ligação eu tenho que fornecer mais energia para poder romper essa ligação e liberar... eu estou falando besteira?

[...]

PQ: Podemos dizer que quantidade absorvida é maior que a liberada na formação dos produtos? Podemos?

B9: É. Podemos [...]

Ao serem questionados sobre a explicação de uma reação química classificada como endotérmica, percebemos que os estudantes ficam em um conflito conceitual, tendo dificuldade de expressar suas opiniões. Assim, é importante lembrar que “as reações químicas endotérmicas, em módulo, a energia absorvida para a ruptura de ligações é maior do que a liberada na formação de outras ligações” (BARROS, 2009, p. 244).

Vale ressaltar que alguns estudantes apresentaram dificuldades ao argumentar a respeito das relações energéticas envolvidas no processo de combustão, não conseguindo relacionar que nesse tipo de reação, a energia liberada na formação de ligação é maior que a energia absorvida no rompimento de ligações. Com isso, não demonstraram o entendimento sobre o saldo energético final.

Souza (2007) em estudo anterior com alunos do Ensino Médio evidenciou que em um dos grupos analisados a maioria dos estudantes

conseguiu compreender os processos de absorção e liberação de energia para se romper e formar as ligações químicas no decorrer do processo. Porém, parece que ainda era confusa para eles a associação desse processo a um balanço energético final, no qual poderia existir um saldo energético final referente à diferença energética existente entre os produtos e os reagentes que, se positivo, indicaria um processo endotérmico e, se negativo, indicaria um processo exotérmico (SOUZA, 2007, p. 105).

Desse modo, destaca-se a importância de os conceitos serem trabalhados de maneira integrada, uma vez que nas discussões fez-se necessário a retomada de conceitos relacionados à formação de ligações químicas, sendo esse um importante subsídio para a compreensão das energias envolvidas nas reações químicas.

Ao se utilizar o modelo de modelagem para explorar a explicação do conceito e trabalhando com sistemas aquecidos e resfriados, evidenciou que essa ferramenta

contribuiu decisivamente para a compreensão de vários aspectos qualitativos sobre o tema, essencialmente relacionados a como o rearranjo de átomos ocorre durante o processo. Além disso, os estudantes também demonstraram ter entendido, através de seus modelos, que o rearranjo dos átomos não ocorre por simples acaso, mas envolve questões energéticas tanto na quebra quanto na formação de novas ligações (Souza, 2007, p. 176).

Nesse sentido, se faz importante a inserção e incorporação de metodologias que consigam abordar o entendimento dos fenômenos em nível submicroscópico.

Combustão Explicação de um Fenômeno Físico Endotérmico e Exotérmico

A fim de verificar se após as discussões direcionadas para o nível submicroscópico do conhecimento químico, os estudantes conseguiram inserir esse nível em suas explicações, eles foram questionados de como explicariam um fenômeno exotérmico e um endotérmico. O trecho destacado, mostra a fala de B7 para a explicação de um fenômeno físico:

B7: Eu seguiria com a ideia que o B9 começou de relacionar a energia com o rompimento de interações intermoleculares ou de ligações químicas. [...] no caso desse da evaporação da água, seria porque com a absorção da energia teria o rompimento das interações intermoleculares, das ligações de hidrogênio, fariam as moléculas se afastarem mais até que saia do estado líquido para o gasoso.

Percebe-se pela fala que para evaporação da água, exemplo abordado em discussões anteriores, o estudante conseguiu incorporar em suas explicações a associação da absorção de energia com o rompimento de interações intermoleculares.

Para verificar se os estudantes conseguiam aplicar em suas falas o nível submicroscópico em um exemplo que ainda não havia sido discutido, solicitou que eles trouxessem para a argumentação outro fenômeno endotérmico ou exotérmico, como vemos a seguir:

B9: E um exotérmico seria a dissolução do hidróxido de sódio na água.

[...]

B9: Aí no caso seria mais ou menos uma ideia parecida, porém... é.... no caso do hidróxido de sódio só que é bem reativo com a água. Então assim, para ter o rompimento das ligações, tipo assim é uma coisa meio que instável assim quando comparado com o sódio e o hidróxido em solução, por isso da liberação de calor. Seria mais ou menos nessa linha de raciocínio. [...]

PQ: Mas sobre a dissolução que o B9 falou [...] eu achei interessante porque a gente não tinha falado sobre isso. [...] que é exotérmica acho que fica claro para todo mundo, né? Mas, por que é uma dissolução exotérmica?

B7: Você tem o rompimento da ligação do hidróxido com o sódio. E esse rompimento vai ter uma liberação, não vai ter uma absorção de calor.

PQ: Ocorre, inicialmente, o rompimento da ligação entre o íon hidróxido e o íon sódio. Depois nós temos o que?

B6: Aí tem a formação iônica, Na^+ e OH^- , com água.

PQ: É, mas esses íons, em água vão estar de que forma?

B6: Na^+ e OH^- .

B9: Em solução.

PQ: E estar em solução é estar de que forma?

B9: Aquosa. Seria água no estado líquido e os íons Na^+ e OH^- .

B7: Com água de hidratação.

PQ: Com o que?

B7: Água de hidratação.

PQ: Então podemos dizer que forma os íons de solvatação?

B9: Isso.

PQ: Que aí que temos interações do tipo íon-dipolo, por exemplo, aí dizemos que para formar essas interações íon-dipolo nós temos...

B7: Liberação de muita energia.

Analisando o diálogo, percebe-se que os graduandos iniciam a discussão associando o rompimento da ligação entre íons Na^+ e OH^- , com a absorção de energia, porém percebem que apenas a absorção não explica o fenômeno apresentado. Com as indagações propostas chegaram ao entendimento da formação das interações íon-dipolo (solvatação) e que nesse processo tem-se a liberação de energia, sendo que a energia liberada é maior que a absorvida.

Sobre a dissolução do hidróxido de sódio que é um processo exotérmico, Barros (2009, p. 244) ressalta que se tem “rupturas de ligações iônicas e de ligações de hidrogênio e formação de interações íon-dipolo. [...] O balanço energético no final do experimento mostra uma liberação de energia, na forma de calor, pelo sistema”.

Para complementar as discussões a respeito das dissoluções endotérmicas e exotérmicas, a pesquisadora retoma para a discussão a dissolução do cloreto de amônio, um sal cuja dissolução é endotérmica:

PQ: O cloreto de amônio quando fazemos a dissolução dele, observamos uma absorção de calor e temos uma sensação de “frio”. Como podemos explicar porque está absorvendo energia?

B7: Fornece energia para romper a ligação entre os... A ligação iônica no caso.

PQ: NH_4Cl né? Cloreto de amônio.

B7: Que no caso é um retículo cristalino. Para fazer a separação dos íons no retículo tem um fornecimento de energia e depois para fazer essa solvatação tem uma

liberação de energia. Nesse caso essa energia para a solvatação é maior que a energia para romper o retículo.

[...]

B7: Entendi. Eu falei errado, a energia para fazer a separação dos íons é maior que a energia da solvatação. Falei ao contrário. [...] por isso que é endotérmica.

Com essa fala apresentada nota-se que B7 conseguiu fazer as associações entre a absorção/liberação de energia com o rompimento das ligações entre os íons e a formação dos íons de solvatação, conseguindo apresentar um entendimento sobre o saldo energético final.

Diante do exposto, concordamos com Barros (2009, p. 244) ao afirmar que “uma explicação molecular dos fenômenos enriquece a compreensão destes e muito contribui para ela. Em especial, a discussão dos aspectos microscópicos permite abordar a dinâmica dos processos de transferência de energia [...]”.

Nesse sentido, as concepções de estudantes um pouco distantes da visão científica se devem à ausência da relação entre os níveis submicroscópico e macroscópico do conhecimento químico, ou seja, não enfatizam “as relações existentes entre teorias (modelos) que tentam explicar a natureza da matéria e os fenômenos observáveis” (ROSA; SCHNETZLER, 1998, p.33). Além disso, Barros (2009) ressalta que uma abordagem envolvendo uma visão atômica-molecular dos processos endotérmicos e exotérmicos, auxilia no entendimento de dificuldades relacionadas a esses conceitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo foi possível evidenciar algumas dificuldades conceituais sobre a termoquímica, principalmente no que tange as explicações que requerem um entendimento dos fenômenos no nível submicroscópico do conhecimento químico. Assim, a realização do Grupo Focal propiciou uma discussão conceitual e metodológica em relação à termoquímica, contribuindo para formação inicial dos estudantes e para a formação continuada da pesquisadora.

Em relação às dificuldades da termoquímica muito se deve a fragmentação dos conceitos a química, pois foram observados impasses ao ter que relacionar temas dessa área de conhecimento. Com isso, ressalta-se a importância de se ensinar os conceitos químicos de forma integrada, uma vez que nas discussões fez-se necessário a retomada das ligações químicas e intermoleculares, sendo estes importantes subsídios para a compreensão das energias envolvidas nas transformações químicas e físicas.

O outro fator relacionado às dificuldades emergidas diz respeito à desarticulação dos níveis do conhecimento químico: o fenomenológico, o teórico e o representacional. Sendo que, na abordagem da química, deve-se trabalhar de forma articulada esses níveis do conhecimento.

É importante incorporar no ensino de termoquímica atividades que abordem o fenomenológico como, por exemplo, sobre a elevação e/ou abaixamento de temperatura. Além disso, é essencial que seja abordada uma explicação no nível submicroscópico (teórico) dessas transformações pois, na maioria das vezes, esse nível é deixado para segundo plano, sendo a ênfase para o representacional como, por exemplo, o uso de equações termoquímicas e seus valores de variação de entalpia para identificação de processos endotérmicos e exotérmicos assim como a aplicação da Lei de Hess

REFERÊNCIAS

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

- 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**, 1(3), p. 5-18, 2001.
- BARROS, H. L. C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma visão atômica-molecular. **Química Nova na Escola**. 31(4), p. 241-245, 2009.
- DINIZ JÚNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Zonas do Perfil Conceitual de Calor que Emergem na Fala de Professores de Química. **Química Nova na Escola**. 37(Especial1), p. 55-67, 2015.
- ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação das Soluções. **Química Nova na Escola**. 3, p. 15-18, 1996.
- GATTI, B. A. **Grupo Focal na pesquisa em Ciências Sociais e Humanas**. Brasília: Líder Livro, 2005.
- JUSTI, R. Modelos e Modelagem no Ensino de Química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Unijuí. p. 209-230. 2011.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- MACHADO, A. H. **Aula de Química: discurso e conhecimento**. 3ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2014.
- MIRANDA, M. S.; SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de química: contribuições para a formação inicial docente. **Ensaio**. 17(3), p. 555-583, 2015.
- MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**. Porto Alegre, 22(37), 1999.
- MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: Calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química Nova na Escola**. 7, p. 30-34, 1998.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. **Química Nova**. 23(2), p. 273-283, 2000.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: Ensino Médio**. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2013. v.2.
- ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**. 8, p. 31-35, 1998.
- SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. O ludo como um jogo para discutir conceitos em termoquímica. **Química Nova na Escola**. 23, p. 27-31, 2006.
- SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Interloquções Possíveis entre Linguagem e Apropriação de Conceitos Científicos na Perspectiva de uma Estratégia de Modelagem para a Energia Envolvida nas Transformações Químicas. **Ensaio**. 13(2), p.31-46, 2011.
- SOUZA, V. C. A. **Os desafios da energia no contexto da termoquímica: Modelando uma nova idéia para aquecer o ensino de química**. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação). Belo Horizonte: Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. 205f.
- ZANON, L. B.; PALHARINI, E. M. A Química no Ensino Fundamental de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 15-18, 1995.