

ANÁLISE DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO APRESENTADO NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA, APROVADOS PELO PNLD 2018-2020

ANALYSIS OF THE CONCEPT OF CHEMICAL EQUILIBRIUM PRESENTED IN CHEMISTRY TEXTBOOKS, APPROVED BY PNLD 2018-2020

Aline Marques da Silva¹

Denise Kriedte da Costa²

Resumo: O livro didático é uma ferramenta que auxilia professores e alunos a desenvolverem diversas atividades em sala de aula. Neste artigo, analisa-se qualitativamente o conceito de equilíbrio químico, realizado a partir da inspeção de seis livros de Química, aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (2018-2020). Objetivou-se conhecer a forma que o conceito equilíbrio químico é abordado nessas obras, considerando cinco indicadores: contextualização do conceito de equilíbrio químico; linguagem e rigor científico; evolução histórica; ilustrações sobre o conceito; e o relacionamento desses conceitos com as atividades práticas, considerando a importância da aprendizagem de Ciências, utilizando ocorrências do cotidiano. Assim, evidenciou-se que o livro didático pode, em algumas situações, dificultar a compreensão do conceito de equilíbrio químico, quando utilizado sem a supervisão do professor. Destaca-se a falta de estudos que mensuram a magnitude do livro didático ser suporte eficiente ao processo de ensino-aprendizagem nos contextos da disciplina de Química.

Palavras-chave: Ensino; Físico-Química; Conceito.

Abstract: The textbook is a tool that helps teachers and students develop various activities in the classroom. This article qualitatively analyzes the concept of chemical equilibrium, carried out from the inspection of six chemistry books, approved by the National Textbook Plan (2018-2020). The objective was to know the way that the concept of chemical equilibrium is approached in these works, considering five indicators: contextualization of the concept of chemical equilibrium; language and scientific rigor; historical evolution; illustrations about the concept; and the relationship of these concepts with practical activities, considering the importance of science learning, using everyday occurrences. Thus, it is evident that the textbook may, in some situations, hinder understand of the concept of chemical balance, when used without the supervision of the teacher. We highlight the lack of studies that measure the magnitude of the textbook being efficient support to the teaching-learning process in the contexts of the chemistry discipline.

Keywords: Teaching; Physical Chemistry; Concept.

1 Introdução

A história do livro didático (LD) principia com a instalação das primeiras escolas no Brasil, após a chegada da família real portuguesa, em 1808. Desde então, muitas mudanças e adaptações ocorreram ao longo da história. Em 1985, foi criado pelo

¹ Doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Franciscana de Santa Maria (UFN). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Franciscana de Santa Maria (UFN), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: aline.marks.s@gmail.com.

² Doutora em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Universidade Franciscana (UFN), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: denise.kriedte@gmail.com.

Ministério da Educação (MEC), o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), vinculado ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), compreendendo um conjunto de ações voltadas para a distribuição de obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, destinados aos alunos e professores das escolas públicas de educação básica do País, à prática educativa, de forma sistemática, regular e gratuita. Em 2003, a distribuição dos livros didáticos alcançou o ensino fundamental e médio.

Em algumas escolas públicas brasileiras, o LD é utilizado como único material didático para alunos e professores. Essa realidade pode vincular o modelo de formação do professor e repercutir nas concepções de ensino dos educadores (STRIEDER *et al.*, 2011). Embora os livros didáticos analisados compreendam componentes curriculares das diferentes áreas do conhecimento, esta análise considerou somente aqueles utilizados na disciplina de Química (QUEIROZ, 2010).

As obras selecionadas no PNLD 2018-2020, para a disciplina de Química, passaram por avaliação criteriosa, considerando diferentes dimensões do processo educativo (descrição da obra, características gerais em conformidade com a legislação, coerência do conhecimento químico na obra, pressupostos teórico-metodológicos do ensino de química, perspectiva orientadora presente no manual do professor), qualidade pedagógica do ensino de Química e orientações e sugestões para o trabalho docente nas escolas públicas (BRASIL, 2017).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) preconiza que os estudantes reflitam sobre as novas tecnologias, tanto concernente aos meios de produção, como na sua função na sociedade atual e suas perspectivas futuras. Para isso acontecer, os componentes curriculares devem oferecer aos alunos a possibilidade de desenvolverem competências, tais como: analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, relacionar matéria e energia, construir interpretações sobre a dinâmica da terra, da vida e do cosmos e analisar situações-problema (BRASIL, 2018).

Nas últimas décadas, o ensino de Química passou por importantes transformações didático-pedagógicas em função das mudanças administrativas e de fluxos pelo Ministério da Educação (MEC), como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) substituídos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Também, observa-se estudos preocupados com os componentes curriculares de Química, para adequações, atualizações pedagógicas e qualificação dos processos educacionais, exemplificado nos estudos de Mól; Santos (2005).

Nesses termos, o componente curricular de Química deve ter conceitos formais e teóricos, na educação básica, para subsidiar os saberes adquiridos no cotidiano, respeitando princípios universais, como a ética, direitos humanos, justiça social e sustentabilidade ambiental. Porém, há tradições escolares que tratam a Química como um conjunto de práticas mecânicas de ensino-aprendizagem, priorizando a memorização de fórmulas, regras e símbolos químicos (BRASIL, 2017). Entre os conteúdos desenvolvidos no ensino médio, o equilíbrio químico se apresenta desafiador aos alunos por necessitar de pré-requisitos como o domínio de operações matemáticas. A complexidade do tema é destacada por autores, como Raviolo e Garriz (2008), Fabião e Duarte (2005) e Mendonça e Ferreira (2005).

As competências organizadas pela BNCC, buscam articular os currículos, os processos de ensino-aprendizagem, a gestão, a formação de professores e a avaliação. O conteúdo sobre o equilíbrio químico aparece na Competência 1, onde os acontecimentos naturais e os métodos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia (BRASIL, 2018). Nesse contexto, competência é entendida como a “mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e sócio-emocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2018, p. 8).

A opção em analisar o conteúdo sobre o equilíbrio químico em livros didáticos, considerou que o ensino de Química passa por modificações de natureza didático-pedagógica e pela certificação do modo que o mesmo é abordado com os estudantes. Além desse aspecto, o tema é apontado, por Meneses (2015) e Atkins e Jones (2009), como assunto de enorme importância ao estudo de Química, uma vez que seu entendimento proporciona compreender diferentes aspectos da transformação de substâncias, como exemplo, em processos industriais, biológicos e ambientais.

2 Metodologia

Considerou-se qualitativa à abordagem, para a análise de seis livros da disciplina de Química, selecionados pelo PNLD 2018-2020 e a pesquisa é descritiva, já que se analisou como o conceito de equilíbrio químico é estudado no contexto educacional. As obras foram selecionadas de acordo com o Guia PNDL 2018-2020, conforme mostradas na Tabela 1.

Tabela 1: Obras de Química relacionadas pelo Programa Nacional do Livro Didático 2018-2020 e selecionadas para análise

Nome da obra/número de identificação	Autor	Ano/volume publicação
Química/(1)	Martha Reis	2017 / 2
Química/(2)	Andréa Horta Machado e Eduardo Fleury Mortimer	2017 / 2
Ser Protagonista/(3)	Julio Cezar Foschini Lisboa <i>et al.</i>	2016 / 2
Vivá-Química/(4)	Novais; Tissoni	2016 / 2
Química/(5)	Ciscato <i>et al.</i>	2017 / 2
Química Cidadã/(6)	Gerson Mól, Wildson Santos	2016 / 2

Fonte: Construção do autor (2020).

A análise deste trabalho foi mediada com base em cinco critérios propostos por Santos (2006). Segundo esse autor, para avaliar um livro didático de Química é necessário considerar critérios, como: contextualização do conceito de equilíbrio químico; linguagem e rigor científico; evolução histórica; ilustrações sobre o conceito e; relacionamento do conteúdo com atividades práticas.

3 Resultados e discussão

Na Obra 1, Química da autora Martha Reis, o conceito de equilíbrio químico foi apresentado com um pequeno texto norteador sobre a degradação dos corais marinhos. No final da leitura, uma pergunta instiga o leitor ao tratar sobre a relação da temperatura com a degradação dos corais: “Você sabe como a mudança de temperatura da água dos oceanos afeta a comunidade de corais?” (REIS, 2017, p. 175).

Na sequência, apresenta um tópico para esclarecer a dinâmica do equilíbrio químico, ilustrando como exemplo um estacionamento:

As vagas do estacionamento estão todas ocupadas, porém há pessoas que já fizeram compras e estão indo embora, enquanto outras estão chegando e circulando com o carro à procura de uma vaga. À medida que uma pessoa desocupa uma vaga e vai embora, imediatamente outra pessoa estaciona e ocupa a vaga. Essa situação se repete continuamente ao longo de todo o dia. Se for constatado que os dois fenômenos, pessoas indo embora e pessoas chegando, ocorrem com a mesma taxa de desenvolvimento, teremos um exemplo de equilíbrio dinâmico. (REIS, 2017, p. 176).

Está explicitada na obra, que muitas reações, em determinadas condições, são reversíveis, ou seja, ao mesmo tempo que os reagentes se transformam nos produtos (reação direta), os produtos se transformam em reagentes (reação inversa). Porém, não esclarece como ocorre a constância da concentração dos reagentes e dos produtos ao

longo do tempo, ou seja, que ser constante, não significa apresentar valores iguais de concentração dos reagentes e produtos.

Na sequência, a Figura 1 exemplifica o equilíbrio químico para gases, em um mesmo recipiente e em sistema fechado. Na figura, é possível observar a evolução do estado de equilíbrio em relação à demonstração para sistemas gasosos. Uma vez que alguns autores em referências mais antigas traziam as reações em compartimentos separados, dando a ideia de que as reações ocorriam separadamente. Talvez por isso, alguns alunos ao representarem o estado de equilíbrio têm a ideia de que as espécies químicas se encontram em recipientes separados, pois o mesmo acredita que os sistemas em equilíbrio apresentam dois lados, ou seja, dois compartimentos independentes: o dos reagentes e o dos produtos.

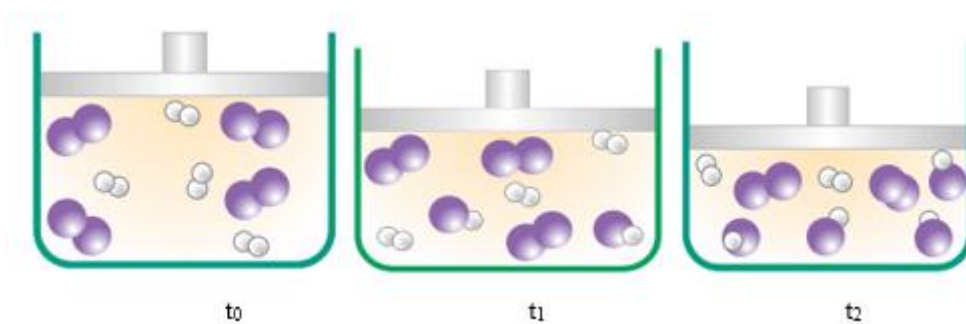


Figura 1: Em t_0 = reagentes no estado inicial, t_1 = compostos reagindo e t_2 = estado de equilíbrio
Fonte: Reis (2017).

A interpretação dessa ilustração pode induzir o aluno de modo enganoso, acreditar que o equilíbrio químico ocorre somente no meio gasoso e em sistema fechado. Desse modo, entende-se que o exemplo de contextualização dado no estacionamento vai ao encontro da ilustração, uma vez que esse é sistema aberto e apresenta compostos sólidos, observando-se aqui a questão da analogia que, muitas vezes, distingue-se do real, pela impossibilidade de exemplos que se entrelacem, em vista da complexidade do tema.

Paiva (2000) avaliou um conjunto de analogias (colméia de abelha, homem na esteira e peixes em um aquário) concluiu que apresentavam limitações, mas também virtudes, pelo menos no âmbito motivacional, por considerarem a percepção dos estudantes. Se a questão não for bem esclarecida pelo professor, dependendo do estado físico dos compostos, poderá gerar dúvida à compreensão do estudante, ou seja, é preciso explicar que a condição principal para que o equilíbrio ocorra é uma reação reversível, podendo acontecer em sistema homogêneo ou heterogêneo, aberto ou fechado.

Além das características citadas acima, há de se observar que “o equilíbrio químico só pode ser atingido para os gases, em sistemas fechados onde não há troca de matéria com o meio” (REIS, 2017, p.179). Observa-se que o autor esclarece que é específico para sistemas gasosos, permitindo ao estudante analisar as condições reacionais.

Os aspectos quantitativos relacionados com os cálculos aparecem em maior quantidade na Obra 1, não apresentando experimentos químicos para o conceito de equilíbrio químico. A parte que aborda a História da Ciência, utiliza a síntese da amônia como exemplo e, surge depois de alguns exercícios sobre cálculo da constante de equilíbrio, alteração de concentração e mudança de temperatura; mais para o final da unidade sobre equilíbrio químico.

Observou-se a escassez de ilustrações na Obra 1, talvez porque abordem mais especificamente a questão quantitativa, em detrimento da qualitativa, pois apresentou maior quantidade cálculos de equilíbrio e concentração.

Na Obra 2, Química dos autores Andréa e Eduardo, o equilíbrio químico foi contextualizado somente para tempo e espaço com observações da natureza, utilizando, como ilustração, uma foto da praia de Conceição, localizada na ilha de Fernando de Noronha. Analisando a imagem que traz um arco-íris ao fundo com alguns pássaros sobrevoando uma praia de águas cristalinas e totalmente deserta, surge o seguinte questionamento: pode-se observar o equilíbrio químico da natureza? Na sequência, sem fluidez textual, os autores introduzem as reações reversíveis como temática, utilizando o exemplo a reação de lentes fotossensíveis à luz, conforme ilustra a Figura 2.



Figura 2: Exemplo de reação reversível de lentes fotossensíveis com a luz
Fonte: Mortimer e Machado (2017).

É notória a preocupação dos autores para esclarecerem o significado de uma reação reversível, sendo essa a condição principal para o equilíbrio químico acontecer. Na obra, não especificaram como o equilíbrio químico se comporta, ou seja, se é estático ou dinâmico. Porém, sugerem experimentos com dicromato e cromato de potássio, para que os estudantes possam caracterizar o equilíbrio químico e as reações reversíveis após análise das atividades práticas. Na sequência, introduzem o conceito de equilíbrio químico com a seguinte pergunta: “o equilíbrio químico é estático ou dinâmico?”

Para Mortimer e Machado (2017):

Na Química, um sistema está em equilíbrio dinâmico quando está aparentemente estabilizado em um certo estado, mas trocas ou compensações entre partes do sistema ou entre o sistema e sua vizinhança continuam a ocorrer. Um sistema está em equilíbrio estático quando atinge a estabilidade em um certo estado e cessam as trocas ou compensações entre partes do sistema ou entre o sistema e a vizinhança (MORTIMER; MACHADO 2017, p. 166).

Os autores apresentam a reversibilidade da reação no equilíbrio químico, porém não esclarecem as condições do sistema, se é homogêneo ou heterogêneo, aberto ou fechado, permanecendo a possibilidade de causar dúvidas e generalizações. Para explicar a dinâmica do equilíbrio, os pesquisadores Mortimer e Machado (2017) apresentaram um exemplo, conforme a Figura 3.



Figura 3: Exemplo de equilíbrio químico
Fonte: Mortimer e Machado (2017).

Neste caso, os autores poderiam explicar que se trata de um exemplo de sistema homogêneo (quando a garrafa está fechada e em temperatura constante). No momento que a garrafa for aberta, o sistema passa a ser heterogêneo e aberto. O professor da

disciplina deve salientar que o equilíbrio só ocorre em sistema fechado, quando a reação é entre gases. Se a explicação não ocorrer, o estudante poderá falsear a ideia de o equilíbrio químico só ocorre em sistema fechado, independentemente do estado físico dos compostos.

Em relação às ilustrações presentes na Obra 2, mesmo apresentadas em pequena quantidade, propiciam reflexões pelos estudantes, auxiliando-os a imaginar e a formular suas próprias respostas. Os experimentos apresentados nessa referência envolvem os reagentes cromato, dicromato de potássio, nitrato de bário, hidróxido de sódio e ácido clorídrico, porque demonstram o deslocamento do equilíbrio químico através de alteração nas cores das reações.

A apresentação da História das Ciências, utilizando-se da síntese da amônia, processo de *Haber Bosch*, está localizada no final desta unidade sobre equilíbrio químico. A referência aborda os cinco critérios analisados e propostos por Santos (2006).

Na terceira obra, o capítulo de equilíbrio químico inicia com um pequeno texto sobre o gás ozônio, seguido de exemplos de reações reversíveis, lentes fotocromáticas e a síntese do conceito de equilíbrio químico.

De acordo com Lisboa (2016):

Um sistema em equilíbrio é identificado por algumas características importantes como: tanto a matéria quanto a energia não são introduzidas ou removidas do sistema; as propriedades macroscópicas do sistema não variam com o tempo; isso ocorre porque, microscopicamente, ocorrem as reações químicas simultâneas em ambos os sentidos e com a mesma rapidez (LISBOA, 2016, p. 110).

Observa-se, na citação acima, que o autor se preocupa em esclarecer as propriedades microscópicas e macroscópicas, porém não informa se o sistema é aberto ou fechado. Apresenta um esquema sobre equilíbrio químico em relação aos reagentes e produtos de uma reação, conforme mostra a Figura 4.

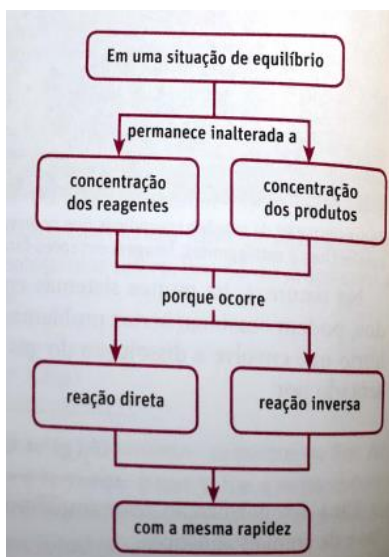


Figura 4: Esquema sobre equilíbrio químico na visão do autor da obra
Fonte: Lisboa (2016).

Para a maioria dos autores, quando escrevem sobre equilíbrio químico as condições físicas dos compostos e tipo de reação podem estarem intrinsecamente determinadas, ou seja, no estado gasoso e reação reversível, porém pode não serem para o estudante. Isso justifica a preocupação por que os aprendizes generalizam o conceito. Defende-se, por esse motivo, o esclarecimento do conceito nas obras e a consequente elucidação pelo professor em suas explicações. Na sequência, apresentam alguns exemplos de equilíbrio homogêneo, como a formação do gás amônia, e equilíbrio heterogêneo, conforme a Figura 5.

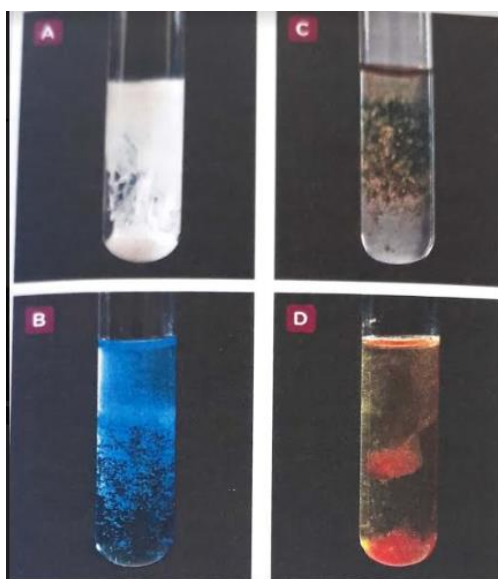


Figura 5: Exemplos de equilíbrio heterogêneo: em A, reação entre soluções aquosas de ácido clorídrico e de nitrato de prata, formando um precipitado branco de cloreto de prata. Em B, a reação de soluções aquosas de sulfato de cobre (II) e hidróxido de sódio, formando precipitado azul de hidróxido de cobre (II). Na reação C, há formação de precipitado verde-musgo de hidróxido de ferro (II), a partir dos reagentes aquosos de sulfato de ferro (II) e hidróxido de sódio. Na reação D, com formação de precipitado

castanho-avermelhado de hidróxido de ferro (II), formando com os reagentes aquosos de sulfato de ferro (III) hidróxido de sódio.

Fonte: Lisboa (2016).

Na Figura 5, as ocorrências são microscópicas, podendo deixar a falsa impressão de que nada ocorreu. Os autores poderiam ter colocado figuras ilustrativas para mostrar como os reagentes e produtos se comportam em nível iônico.

Em relação aos critérios analisados por Santos (2006), observou-se que há poucas ilustrações na Obra 3, assim como a parte experimental para o conceito de equilíbrio químico que não é contemplada, abordando mais os aspectos quantitativos do que os qualitativos. Assim como nas obras anteriormente veiculadas, no final da unidade, há menção à História das Ciências, com o exemplo da síntese de amônia.

Na quarta obra, é apresentado o equilíbrio químico com uma contextualização interrogativa sobre a reação adaptativa de alpinistas no monte *Everest*, por conta da exposição à baixa concentração de oxigênio no ar atmosférico. Na sequência, é mencionada a dissolução de um líquido num gás, exemplificado pela agitação de uma garrafa de água mineral gaseificada, conforme Figura 6.



Figura 6: Exemplo de sistema com alteração de temperatura. Imagine certa quantidade de água contida em um tanque fechado e em temperatura constante. A quantidade de água pode manter-se constante nas duas situações descritas a seguir. Se não retirarmos água do tanque nem acrescentarmos mais água à já existente, o nível desse líquido permanece constante. Nesse caso, teremos um equilíbrio estático e a água contida no tanque será sempre a mesma. Mas, e se a torneira verter água em um tanque, de modo que, a cada minuto, o volume de líquido que chega a eles seja idêntico ao volume de água que escoo pelo ralo existente no fundo do tanque? No caso, a quantidade de água no interior do tanque também permanecerá constante ao longo do tempo; porém, nesta segunda situação, teremos um equilíbrio químico e a água contida no tanque será constantemente renovada. (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 156).

Fonte: Novais e Antunes (2016).

Identifica-se, no exemplo de Novaes (2016), a relação da temperatura com o equilíbrio químico. Nas obras selecionadas, encontra-se pela primeira vez, a abordagem

do conceito de equilíbrio químico para o sistema com compostos em estados químicos diferentes do gasoso, ou seja, equilíbrio líquido-vapor. Há menção às condições para que um equilíbrio químico aconteça. Exemplificando a reação do tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4), transformado em dióxido de nitrogênio (NO_2), um sistema homogêneo e compostos gasosos, conforme as Figuras 7 e 8.

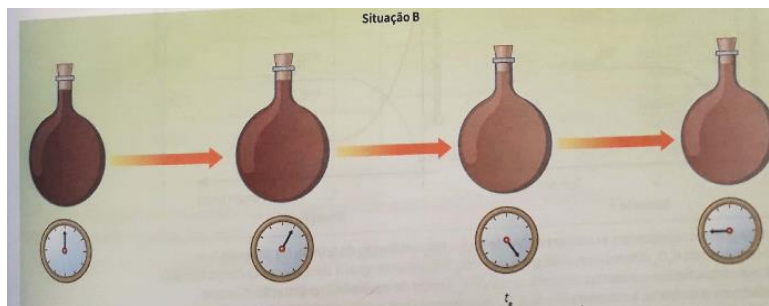


Figura 7: Transformação de $NO_{2(g)}$ (castanho-avermelhado). Após um tempo, ocorre o resfriamento e a cor diminui de intensidade até ficar constante.

Fonte: Novais e Antunes (2016).

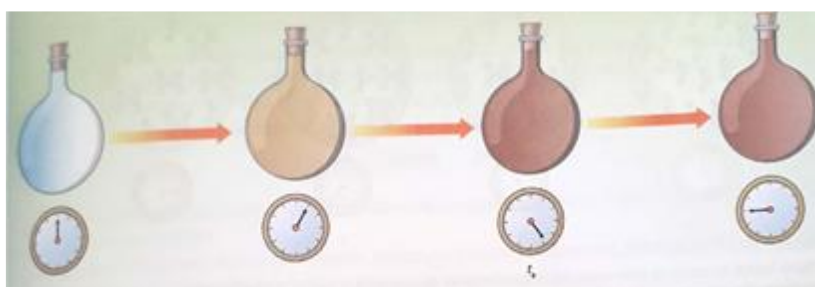


Figura 8: $N_2O_{4(g)}$ (incolor) sendo transformado em $NO_{2(g)}$ (castanho-avermelhado), à medida que o tempo vai passando.

Fonte: Novais e Antunes (2016).

A Obra 4 apresenta a reação em nível molecular de $N_2O_{4(g)}$ transformada em $NO_{2(g)}$, situação A, e $NO_{2(g)}$ transformada em $N_2O_{4(g)}$, situação B (Figura 9).

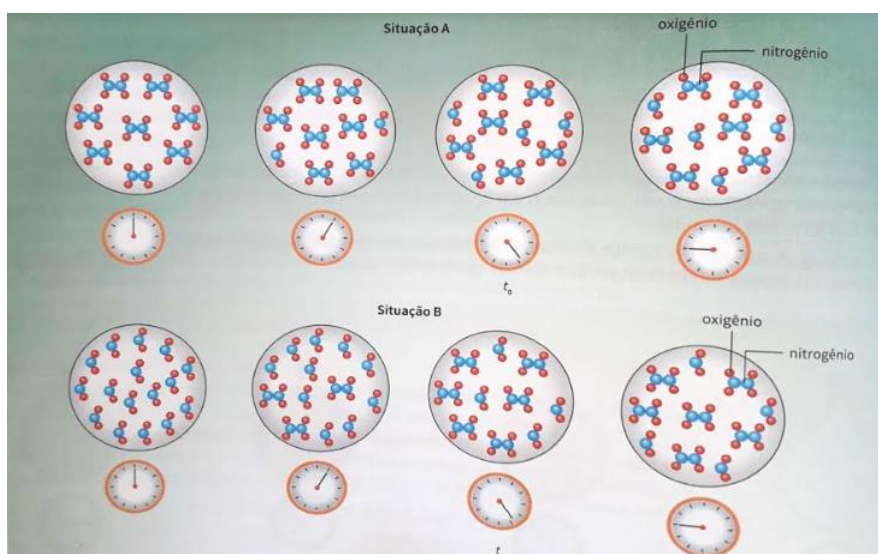


Figura 9: Visão molecular de $N_2O_4(g)$ em $NO_2(g)$, situação A, e $NO_2(g)$ transformada em $N_2O_4(g)$, situação B, formação de N_2O .

Fonte: Novais e Antunes (2016).

É oportuno esclarecer que a reação citada na Figura 9, não é um experimento simples de execução, como aparenta se pela ilustração. Há a necessidade de ser realizado, cuidadosamente, em laboratório, sendo mais fácil produzir primeiro o $NO_2(g)$ para, depois, obter $N_2O_4(g)$ (considerando alteração da cor em diferentes temperaturas, o que não é esclarecido na ilustração). Um exemplo mais abrangente aparece na Figura 10, na qual se observa alterações de coloração em determinadas temperaturas.

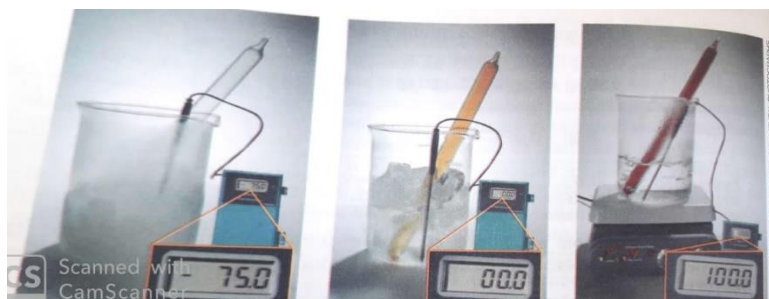


Figura 10: Transformação de $N_2O_4(g)$ (incolor) em $NO_2(g)$ (castanho-avermelhado), conforme variação de temperatura. Na temperatura negativa, tem-se a formação do $N_2O_4(g)$; na temperatura positiva, a formação de $NO_2(g)$; na temperatura zero, o estado de equilíbrio químico.

Fonte: Ciscato *et al.* (2017).

Os autores não apresentaram nenhuma atividade experimental que envolvesse o conceito de equilíbrio químico, possivelmente pela maior preocupação com os aspectos quantitativos dos conteúdos abordados. Ao final do capítulo sobre equilíbrio químico, é apresentado um tópico sobre uma viagem no tempo com a história da síntese da amônia.

Na quinta obra, no introdutório, com o objetivo de conceituar o equilíbrio químico, é apresentado um texto sobre a formação de cáries dentárias, a constituição química dos dentes, o pH bucal, os dentifrícios e a fluoretação da água.

Toda a unidade do livro que aborda o equilíbrio químico expõe o conteúdo contextualizando-o com a abordagem inicial. Na obra, o autor mostra o conceito de reações reversíveis e de equilíbrio químico, respectivamente, exemplificado com a reação de formação do gás iodídrico (HI), conforme ilustra a Figura 11.

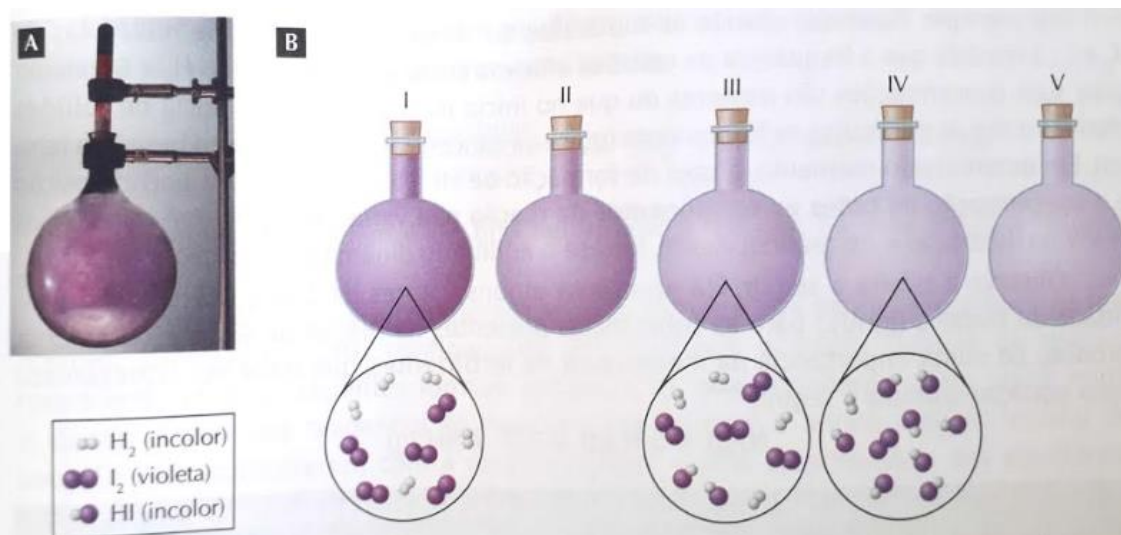


Figura 11: Exemplo de uma reação homogênea. Em A, a imagem mostra um balão de fundo redondo pré-aquecido, empregado em experimentos, dentro do qual há vapor de iodo representado pela cor lilás e gás hidrogênio representado pela cor branca. Em B, a ilustração demonstra microscopicamente o que tem e o que forma dentro do balão durante um certo tempo, à medida que o balão vai sendo resfriado.

Fonte: Ciscato *et al.* (2017).

Os autores esclarecem sobre as cores e a escala usada para a representação da ilustração acima na forma de nota de rodapé, o que não se percebeu nas obras anteriormente analisadas. No entanto, eles não especificam quais são as condições reacionais em relação à temperatura envolvida no meio reacional para que a intensidade da cor seja diminuída.

Sobre o conceito de equilíbrio químico, os autores descrevem:

No momento em que as reações direta e inversa têm a mesma taxa de desenvolvimento, isto é, a rapidez da reação direta é igual à rapidez da inversa, diz-se que foi atingido o equilíbrio químico. No entanto, esse equilíbrio não é estático, ou seja, as reações não param de ocorrer. Elas apenas ocorrem com a mesma rapidez, chama-se essa condição de equilíbrio dinâmico. (CISCATO *et al.* 2017, p. 219).

Nesse caso, conceituam equilíbrio químico de modo geral, considerando as propriedades microscópicas, o que é válido, uma vez que, assim, o estudante não generaliza a ideia de que o equilíbrio químico ocorra somente em sistema fechado e de forma estática. Em relação aos cinco critérios analisados, a obra apresenta poucas ilustrações, bastante texto, relevância para o aspecto quantitativo, sem experimento para o conceito de equilíbrio químico e, no final da unidade, traz a História das Ciências de como ocorreu a síntese da amônia.

Na última obra, o capítulo sobre equilíbrio químico inicia com um texto bem-elaborado sobre o ciclo da água e sua poluição. Nesse livro didático, foi possível observar, ao longo da unidade sobre equilíbrio químico, que há diversas perguntas ao aluno, como:

o que significa reversível? As transformações químicas são reversíveis? Será que toda reação química é irreversível? Na sequência, sugere um experimento conhecido como “garrafa azul”, onde se explora as reações de oxidação e redução, envolvendo as substâncias glicose e azul de metileno, mostrando a reversibilidade das reações e, assim, introduz o conceito de equilíbrio químico.

No meio da unidade, aparece o questionamento sobre o significado de equilíbrio químico. Mól e Santos (2016) esclarecem:

Quando uma reação entra em equilíbrio, produtos se transformam em reagentes, na mesma medida em que seus reagentes se transformam em produtos. Dessa forma, a diminuição dos reagentes é compensada pela sua formação na reação inversa. Este é um estado de constante compensação em dois sentidos, nos quais as taxas de transformações dos reagentes e dos produtos se igualam. Os químicos denominam esse estado como equilíbrio químico (MÓL; SANTOS, 2016, p. 195).

Observa-se que os autores generalizam o conceito de equilíbrio químico, assim como outros autores. Apresentam exemplos de reações entre gases, como a produção da amônia e de tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4). Na Figura 12, a reação de formação de $NO_2(g)$ em $N_2O_4(g)$ é representada pela alteração da cor, até o ponto que não mais é observado mudanças, identificando-se, assim, uma constante.

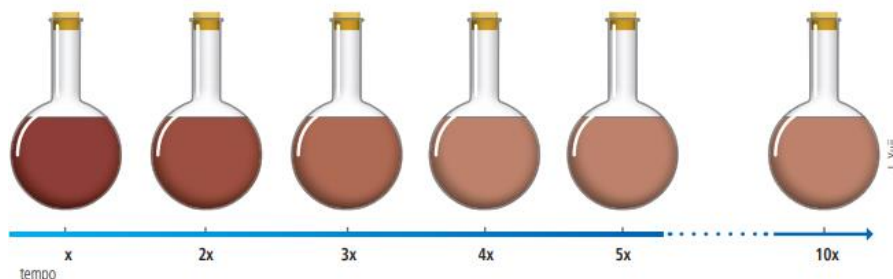


Figura 12: O $NO_2(g)$ (castanho-avermelhado), representado pelo balão x, vai alterando a cor, à medida que o tempo vai passando, porque o balão vai tornando-se mais frio, o que subentende o estado de equilíbrio.

Fonte: Mól e Santos (2016).

Além desse aspecto, os autores também não esclarecem as condições reacionais em relação à temperatura para que a mudança de cor seja possível, cabendo ao professor esse ofício. Salienta-se aqui, que os próprios autores deixam claro sobre a dificuldade desse experimento na escola. Na Figura 13, os autores ilustram um exemplo de reação reversível, genérica, em nível molecular.

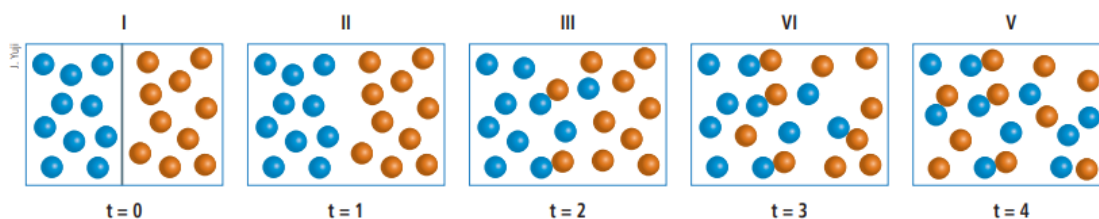


Figura 13: Diferentes estados de um sistema homogêneo em nível molecular. No tempo zero, as moléculas estão em repouso e compartimentalizadas; em $t=1$, não estão mais compartimentalizadas; em $t=2$, os reagentes começam a interagir, formando os produtos; em $t=3$, aparece o estado em que houve a maior formação possível de produtos que o sistema pode produzir, nas condições estabelecidas, e, por último, em $t=4$, o estado em que os reagentes continuam formando produtos, ao mesmo tempo em que os produtos se decompõem, formando reagentes.

Fonte: Mól e Santos (2016).

No conjunto das obras, essa (Obra 6) apresenta o maior número de ilustrações para esclarecer a parte microscópica, elaborada de modo alinhado aos textos contextualizados previamente. Observou-se que não há nessa obra muita teoria em relação ao conceito de equilíbrio químico, porém apresenta um experimento para interpretação do conceito de equilíbrio químico. Aborda o conceito através de interpretações em relação aos cálculos de concentrações. A abordagem da História das Ciências está mais no final da unidade sobre equilíbrio químico, fazendo um paralelo à história da síntese da amônia.

Quanto à análise geral das obras, não houve intenção de crítica sobre autores e suas percepções, mas, sim, a observação sobre o que pode levar os estudantes a generalizarem o conceito de equilíbrio químico. Os critérios para cada uma das obras, segundo os autores do artigo, estão colocados em uma escala que varia de razoável à ótimo, conforme mostra o Quadro 1.

Critérios	Química O1	Química O2	Ser Protagonista O3	Vivá - Química O4	Química O5	Química Cidadã O6
Contextualização	X	X	X	XX	XXX	XXX
Linguagem	X	X	X	XXX	XXX	XXX
Evolução histórica	X	X	X	X	X	X
Ilustrações	X	X	X	XX	X	XXX
Experimentos	-	XX	-	-	-	XX

Quadro 1: Critérios de Análise dos Livros do PNL 2018-2020, segundo a opinião dos autores do artigo, em que X - razoável; XX - bom; XXX - ótimo.

Fonte: construção do autor (2020).

As seis obras analisadas neste artigo, apresentaram assuntos relacionados ao cotidiano do aluno, de maneira a melhorar o processo de ensino-aprendizagem. No entanto, algumas obras, carecem de apresentação contextualizada do tema, para que o

aluno entenda a importância de saber conceitua-lo. Em relação à linguagem e ao rigor científico, pôde-se perceber a preocupação dos autores em manter a linguagem acessível e científica, embora em alguns textos, deixem de fazê-lo para o conceito de equilíbrio químico, para propiciar ao aluno a identificação das condições reacionais e o estado físico dos compostos químicos envolvidos em cada reação.

Observou-se também, que a descrição da evolução histórica sobre o equilíbrio químico ainda é pouco explorada pelos autores, visto que essa é frequentemente apresentada como textos complementares ao final das unidades. A justificativa para isso ocorrer, pode ser explicada em parte, à formação dos professores. Muitos cursos de licenciatura não contemplavam na matriz curricular, a disciplina de História das Ciências. Essa condição parece estar sendo saneada pelos cursos de formação continuada aos professores.

Quanto às ilustrações apresentadas nos livros didáticos analisados, não se observa um padrão para a coloração das reações, condições reacionais reais e analogias utilizadas. Essa condição é potencialmente geradora de conflitos para compreender determinado conteúdo, uma vez que, lendo artigos, dissertações e teses, percebeu-se que as concepções dos estudantes sobre o estado de equilíbrio químico são resultado de diferentes fatores, como a simplificação excessiva de conceitos, concepções prévias adquiridas em vivências particulares, uso incorreto da linguagem científica, ênfase em abordagens de aspectos quantitativos, talvez por conta da abordagem em livros didáticos e pela falta de clareza didática do professor na hora da explicação.

Essa observação aponta para o problema de se construir um modelo microscópico-dinâmico, com as partículas dos reagentes e produtos coexistentes em um mesmo sistema fechado, sujeitas a uma frequência de colisão constante e, apesar de resultarem transformações químicas, não provocam modificações notáveis em nível macroscópico.

4 Considerações finais

De acordo com os critérios analisados, os livros selecionados pelo PNLD 2018-2020 apresentam o conceito de equilíbrio químico contextualizado, para que a compreensão do aprendiz seja mais eficiente. Algumas obras exigem um pouco mais de atenção, pois trazem o assunto resumido e com poucas ilustrações.

No que se refere ao estudo do equilíbrio químico, mais especificamente, a discussão a respeito geralmente se inicia após a apresentação dos conteúdos de cinética

química em livros didáticos para o Ensino Médio. Como forma de estabelecimento de relações entre os temas, os aspectos cinéticos são comumente utilizados na conceituação de equilíbrio químico.

Por outro lado, embora se esteja em 2022, muitos livros didáticos ainda abordam o equilíbrio químico quantitativamente, às vezes pela premência do tempo e pela quantidade de conteúdo.

Com base nesta análise, pode-se perceber que o livro didático, pode dificultar o entendimento do aluno pela falta de clareza na abordagem do conteúdo, como foi observado nas obras examinadas. Adicionalmente, não foi objetivo deste estudo verificar o modo com que professores utilizam os livros didáticos em suas rotinas de sala de aula. Na mesma esteira de ideias, a dificuldade que os estudantes apresentam quanto ao conceito de equilíbrio químico no ensino médio também é evidenciada no ensino superior, quando se encaminham para cursos de engenharia química ou farmácia, uma vez que compreendem a parte quantitativa, mas não necessariamente a qualitativa, o que pode também dificultar a compreensão de sua importância no cotidiano da vida.

Referências

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 2. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018**: química – guia de livros didáticos – ensino médio/ Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/centrais-de-conteudos/publicacoes/category/125-guias?download=10745:guia-pnld-2018-quimica>>. Acesso em: jul.2019.
- BRASIL. **Lei nº 13.415**, de 16 de Fevereiro de 2017- Diário Oficial da União - Seção 1 - 17/2/2017, Página 1 (Publicação Original).
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: ensino médio. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf . Acesso em: 19 agosto 2019.
- CISCATO, C. A. M. *et al.* **Química**. v. 2. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016.
- FABIÃO, L. S.; DUARTE, M. da C. Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com estudantes/futuros professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Portugal, v. 4, n. 1, p. 1-17. 2005.
- FONSECA, M. R. M. da. **Química**. v. 2. 2. ed., São Paulo: Ática, 2016.

FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Análise de dissertações produzidas sobre livros didáticos de química em programas de pós-graduação em ensino de ciências e matemática. *In: Encontro Nacional de Ensino de Química*, 15, 2010, Brasília. **Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química**, Brasília, 2010.

MENESES, F. M. G. de. **A compreensão de reação química como um sistema complexo a partir da discussão dos erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio**. 2015, 288 p. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

LISBOA, J. C. F. **Ser protagonista: química**. v.2. 2. ed., São Paulo: Edições SM, 2016.

STRIEDER, D. M. et al. Ética, ciência e formação de professores: a escola na sociedade contemporânea. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.13, n.03, p.51-66. 2011

MENDONÇA, P. C.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias usadas no ensino de equilíbrio químico: compreensões dos estudantes e papel na aprendizagem. **Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, n. extra, p. 1-4. 2005.

MÓL, G.de S.; SANTOS, W. L.P. dos. **Química cidadã**, v. 2. 2. Ed. São Paulo: AJS, 2016.

MORTMER, E. F; MACHADO, A. H. **Química**, v.2. 3.ed. São Paulo: Scipione, 2017.

NOVAIS, V. L. D. de; ANTUNES, M. T. **Vivá: química**, v.2. 1. Ed. Curitiba: Positivo, 2016.

OLIVEIRA, M. C. et al. Um estudo termodinâmico da corrosão dos aços carbono pelo sulfeto de hidrogênio – explorando conceitos de equilíbrio químico. **Química Nova**, Guaratinguetá, v. 41, n. 5, p. 594-599. 2018.

PAIVA, J. C. M. **Ensino do equilíbrio químico: subtilezas e simulações computacionais**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro, Portugal, 2000.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A. Analogias no ensino do equilíbrio químico. *In: Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 27, p. 13-25. 2008.

REIS, M. **Química**. v. 2. 2. Ed. São Paulo: Ática, 2016.

SANTOS, S. M. O. **Critérios para avaliação de livros didáticos de química para o ensino médio**. 2006, 235p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

Recebido em: 16 de julho de 2021

Aceito em: 23 de julho de 2022