

Identificação das zonas do perfil conceitual de equilíbrio químico de licenciandos em química

Identification of the zones of the conceptual profile of chemical equilibrium of undergraduates in chemistry

Paola Gimenez Mateus¹

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Andressa Algayer da Silva Moretti²

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Luiz Henrique Ferreira³

Universidade Federal de São Carlos

RESUMO

No presente trabalho nosso objetivo foi investigar as zonas do perfil conceitual de equilíbrio químico de um grupo de licenciandos em Química e suas possíveis relações com o processo de formação desses futuros professores, de modo a construir reflexões importantes para (re)pensarmos o processo de aprendizagem e compreensão do conceito na formação inicial. Para isso, por meio do uso de entrevista semiestruturada, categorizamos as manifestações dos discentes em categorias de equilíbrio químico constituintes de quatro zonas diferentes de equilíbrio (zona intuitiva, estática, cinética e energética), segundo a literatura. Da análise dos dados obtidos, observamos que as zonas mais desenvolvidas sobre equilíbrio químico dos licenciandos investigados estão associadas as ideias mais simplistas e menos complexas. Isso pode ser consequência, dentre outros fatores: da falta de problematização e consideração dos modos de pensar e explicar o equilíbrio durante a formação inicial, da não articulação e discussões qualitativas envolvendo os três níveis representacionais da química e da falta de consciência das diferenças ontológicas, axiológicas e epistemológicas de pensar e falar sobre o equilíbrio químico, que devem ser aplicadas em determinados contextos.

Palavras-chave: Equilíbrio Químico; Perfil Conceitual; Zonas do Perfil Conceitual.

ABSTRACT

In this paper our goal was to investigate the zones of the conceptual profile of chemical equilibrium of a group of undergraduate students in Chemistry and their possible relations with the training process of these future teachers, in order to build important reflections for (re)thinking the process of learning and understanding the concept in initial training. For this, through the use of the semi-structured interviews, we categorized the students' manifestations into categories of chemical equilibrium constituting four different equilibrium zones (intuitive, static, kinetic, and energetic zones), according to the literature. From the analysis of the data obtained, we observe that the most developed zones about the chemical equilibrium of the investigated undergraduates are associated

¹ Doutoranda em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Bauru, São Paulo, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, Bauru, São Paulo, Brasil, CEP 17033-360. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3555-0670> E-mail: paolagimenezm@gmail.com.

² Doutoranda em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Bauru, São Paulo, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, Bauru, São Paulo, Brasil, CEP 17033-360. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9616-0601> E-mail: andressa.moretti@unesp.br.

³ Doutor em Química, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor associado IV (aposentado) do Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, Brasil. Endereço para correspondência: Rodovia Washington Luis, s/n Km 235, São Carlos, São Paulo, Brasil, CEP: 13565-905. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5737-9723> E-mail: ferreiraufscar@gmail.com.

with the most simplistic and least complex ideas. This may be a consequence of, among other factors: the lack of problematization and consideration of ways of thinking and explaining equilibrium during initial training, the lack of articulation and qualitative discussions involving the three representational levels of chemistry, and the lack of awareness of the ontological, axiological and epistemological differences in thinking and talking about chemical equilibrium, which should be applied in certain contexts.

Keywords: Chemical Equilibrium; Conceptual Profile; Zones of the Conceptual Profile.

INTRODUÇÃO

A temática equilíbrio químico, no contexto da sala de aula apresenta uma elevada riqueza conceitual como consequência da articulação com diferentes conceitos químicos, dos quais podemos citar: reações químicas, estequiometria, reversibilidade reacional, noções cinéticas e termodinâmicas (SILVA; AMARAL, 2017; AINI et al., 2018; SATRIANA et al., 2018; MATEUS; FERREIRA, 2021). Somado a isso, a aplicação dos princípios do conceito também é diversificada, podendo ou não estar relacionada à aspectos mais próximos do cotidiano do sujeito.

Com relação ao contexto cotidiano, a compreensão de equilíbrio químico nos permite entender e explicar diferentes fenômenos, como por exemplo, alguns problemas ambientais, como é o caso dos efeitos das emissões antropogênicas de gases poluentes sobre os equilíbrios químicos naturais de formação dos esqueletos dos corais nos oceanos e também nos processos de formação e decomposição do ozônio estratosférico (camada de ozônio).

Já as práticas com finalidades industriais, considerando-as como aplicações do conceito em um contexto não tão imediato aos alunos, podemos mencionar o controle de processos químicos por meio da manipulação de algumas variáveis (temperatura, concentração, pressão) que influenciam o estado de equilíbrio químico dinâmico.

Além disso, trazer para sala de aula discussões referentes à própria contextualização histórica envolvendo o desenvolvimento e emprego da Teoria de Equilíbrio Químico também corrobora para a justificativa de sua importância de modo a permitir explorar discussões relacionadas a existência das influências socioeconômicas e políticas no desenvolvimento científico, justificando a sua relevância do ponto de vista acadêmico, industrial e social (MACHADO; ARAGÃO, 1996; BROIETTI et al., 2013, SILVA; PATACA, 2018).

No entanto, apesar de sua importância e potencialidade formativa, diferentes pesquisas têm revelado que o conceito de equilíbrio químico corresponde a um dos tópicos de maior complexidade de compreensão na Química (MACHADO; ARAGÃO, 1996; JÚNIOR; SILVA, 2009; BROIETTI et al., 2013; SANTOS; ANDRADE; IZAIAS, 2016; SILVA, 2016; COSTA, 2019; MATEUS; FERREIRA, 2021).

De acordo com essas pesquisas, isso ocorre principalmente devido: I) a existência de uma hierarquia conceitual que faz necessária sua articulação com outros conceitos, conforme já mencionado; II) a própria natureza abstrata do conceito (atrelada ao nível submicroscópico e sua relação com os níveis macroscópico e simbólico); III) ao uso inadequado de analogias e a ausência de contextualização sobre o tema; IV) ao apego aos algoritmos matemáticos (aspectos quantitativos) em substituição ao teórico-conceitual (aspectos qualitativos); e, V) a predominância de concepções alternativas.

Silva (2016) aponta que as concepções alternativas atreladas a ideia de equilíbrio químico constituem verdadeiros obstáculos epistemológicos para compreensão científica da temática. Tais obstáculos já foram amplamente investigados e discutidos na literatura nacional e internacional.

São eles: I) a associação de equilíbrio a um estado estático; II) a concentração de reagentes e produtos iguais; III) sistema como um processo reversível, mas não simultâneo; IV) a compartimentalização do sistema; e, por fim, V) a aplicação automática e indiscriminada do princípio de Le Chatelier (AINI et al., 2018; JÚNIOR; SILVA, 2009; SANTOS; ANDRADE; IZAIAS, 2016; VETERE; CAPPANNINI; ESPÍNDOLA, 2017). Parece ser consensual que tais concepções alternativas são derivadas das experiências cotidianas dos discentes relacionada à ideia geral de equilíbrio, que tendem a estar associada às ideias de estabilidade, igualdade e estaticidade (balança, equilibrar em cordas etc.), bem como ao estudo de equilíbrio estático na disciplina de Física.

Nos apoiando na concepção de perfil conceitual (MORTIMER, 1996; MORTIMER; EL-HANI, 2014), podemos compreender que essas concepções alternativas são resultantes da pluralidade de ideias associadas ao equilíbrio, que não se restringe apenas a escola e a linguagem científica. Portanto, investigar, identificar e discutir as concepções de equilíbrio químico tendo como base a teoria do perfil conceitual, parece contribuir com reflexões importantes para (re)pensarmos o processo de aprendizagem e compreensão do conceito, no caso do presente trabalho, no contexto de professores em formação inicial.

Isso porque, uma vez atuando na área, os futuros professores muito provavelmente ensinarão a temática e, para isso, utilizarão de seus perfis conceituais, influenciando também o processo de construção/desenvolvimento de perfis dos seus alunos.

É nesse contexto que o presente trabalho foi pensado e desenvolvido, visto que o objetivo está em investigar quais são as zonas do perfil conceitual de equilíbrio químico de um

grupo de licenciandos em Química e suas possíveis relações com o processo de formação desses futuros professores. Para isso, nos baseamos principalmente nas discussões de Mortimer (1996) e Mortimer e El-Hani (2014) sobre a teoria do perfil conceitual e, em específico no perfil conceitual de equilíbrio proposto por Costa (2019), com algumas adaptações.

REFERENCIAL TEÓRICO

A teoria do perfil conceitual

A teoria do perfil conceitual discutida por Mortimer em meados da década de 1990 foi proposta como uma alternativa⁴ às teorias de mudança conceitual e modelos que vinham sendo estudados intensamente à época. Segundo Posner et al. (1982) para que houvesse a aprendizagem de conceitos científicos os alunos deveriam ser levados a romper com o modo de pensar sobre um determinado conceito que estivesse ligado ao conhecimento do cotidiano (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Com o desenvolvimento de suas pesquisas, e com a incorporação de uma abordagem sociocultural, a ideia de perfil conceitual de Mortimer (1996) se tornou uma teoria de ensino e aprendizagem de conceitos científicos que valoriza a coexistência de diferentes modos de pensar e falar dos alunos, incluindo aqueles relacionados ao cotidiano e seus usos em diferentes contextos (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Conforme pontua o próprio autor, a ideia de que as pessoas podem apresentar diversas formas de ver e representar a realidade ao seu redor já foi usada por Bachelard⁵ ao propor a noção do perfil epistemológico. Dentro dessa concepção, o indivíduo pode traçar seu perfil epistemológico para um dado conceito que, apesar das características individuais do perfil, as categorias que constituem suas diferentes zonas apresentam uma característica mais geral (MORTIMER, 1996).

A proposta do perfil conceitual de Mortimer consistiu, então, inicialmente numa adaptação à proposta bachelardiana, mantendo algumas de suas características (hierarquia entre as zonas), mas com a adição de algumas particularidades do próprio conhecimento químico. De

⁴ They were initially developed as an alternative to Posner and colleagues' (1982) conceptual change model. In particular, they challenged one of the central ideas in this model, namely, that students should be led to break away with their previous conceptions when learning science (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p.4).

⁵ Mortimer (1996) discute que segundo Bachelard apenas uma única doutrina filosófica não é capaz de descrever todas as possíveis maneiras de pensar e explicar um dado conceito, pelo fato desta estar apoiada em único aspecto. Por meio da proposta do perfil epistemológico, é possível localizar os diversos aspectos de tal conceito por meio de uma escada graduada.

modo que os modos de pensar e explicar um dado conceito químico pode ser relacionado em termos de um perfil (MORTIMER, 1992).

Então, divergindo dos ideais de Posner et al. (1982), para Mortimer (1996) e Mortimer e El-Hani (2014) os perfis conceituais são uma forma de modelar a heterogeneidade de pensar e falar nas salas de aula de ciências. Assim, a partir dessa proposta, é possível tanto a estruturação da diversidade de modos de pensar um dado conceito, quanto situar as concepções informais que encontram sentido em contextos específicos (SILVA; AMARAL, 2013). Essas diferentes maneiras de pensar um conceito são organizadas, no perfil conceitual, em zonas que representam determinados compromissos epistemológicos.

Os modos de pensamento e os componentes da zona do perfil conceitual

Na abordagem do perfil conceitual, os modos de pensamento são formas estáveis de conceituar um determinado tipo de experiência e expor um significado socialmente construído a um determinado conceito. Isto significa que cada zona do perfil conceitual se relaciona com uma dada perspectiva ontológica, epistemológica e axiológica específica, baseada em diferentes compromissos epistemológicos. Por isso, cada uma das zonas que constitui um perfil pode ser relacionada com uma certa maneira de pensar e também com certo domínio ou contexto de sua aplicação (MORTIMER, 1996; MORTIMER; EL-HANI, 2014).

De acordo com Mortimer (1992) qualquer conceito químico pode apresentar, em termos de perfil, quatro componentes que se organizam desde modos de pensar (zonas do perfil) menos complexos em direção à uma maior complexidade conceitual. São eles, respectivamente: realismo ou senso comum, empirismo, química clássica e química moderna.

O realismo refere-se basicamente ao pensamento de senso comum e está fortemente associado as concepções alternativas sobre determinado conceito. O empirismo ultrapassa a realidade imediata, por meio do uso de instrumentos de medida, mas ainda não abarca as relações racionais do conceito. Na zona racionalista clássica (química clássica), temos que os conceitos químicos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais. E por fim, na zona racionalista moderna (química moderna), as noções simples da ciência clássica se tornam mais complexas e pertencentes a uma rede conceitual mais ampla (MORTIMER, 1992; 1996), bem como de um racionalismo contemporâneo que, “[...] ainda em desenvolvimento [...] englobaria os avanços mais recentes da ciência.” (MORTIMER, 1996, p. 30).

Por isso, conforme se percorre nas diferentes zonas do perfil conceitual, os modos de pensar determinado conceito se tornam mais complexos e mais racionais, partindo, portanto, de concepções realistas, associadas as ideias alternativas em direção aos significados compartilhados pela ciência.

Assim, existe uma hierarquia entre essas diferentes zonas do perfil conceitual, de modo que cada zona posterior se caracteriza “[...] por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores.” (MORTIMER, 1996, p. 33). A obtenção de um conceito mais complexo no perfil do estudante não implica no desaparecimento de suas ideias prévias.

Outra característica das zonas do perfil conceitual está naquelas diferenças epistemológicas e ontológica que existem entre elas, conforme mencionado. À medida que se move no perfil, tanto as características epistemológicas quanto ontológicas do conceito podem mudar. Mortimer (1996, p. 33), aponta tal distinção como sendo importante devido muitos dos problemas de aprendizagem científica estarem associados justamente com essa dificuldade “[...] em se mudar as categorias ontológicas as quais os conceitos são designados.”.

Outro aspecto importante referente a teoria nos processos de ensino e aprendizagem está na tomada de consciência, pelo próprio aprendiz, do seu perfil, o que permitiria ao estudante reconhecer o contexto mais apropriado para aplicação de um ou outro modo de pensar e dizer sobre dado conceito.

O processo de ensino e aprendizagem a partir da Teoria do Perfil Conceitual

De acordo com o modelo do perfil conceitual, o processo de ensino e aprendizagem pode ser compreendido como a construção de significados para um dado conceito científico. Esse processo construtivo ocorre por meio da incorporação de novas maneiras de pensar ao perfil conceitual pré-existente do aluno (MORTIMER, 1996).

Assim, a teoria do perfil conceitual concebe a aprendizagem envolvendo dois processos entrelaçados: (1) enriquecimento do perfil conceitual de um indivíduo (um perfil cognitivo processo) e (2) tomar consciência da multiplicidade de modos de pensar que constituem o perfil, bem como dos contextos nos quais eles podem ser aplicados com valor pragmático (um processo metacognitivo).

A aprendizagem, nessa perspectiva, pode estar relacionada com um processo de ampliação na compreensão conceitual, sendo compreendida como a incorporação de novas zonas ao perfil que o aluno já possui. Não apenas isso, mas também envolve aquele processo

mencionado de tomada de consciência, por parte do aprendiz, de seu próprio perfil e de que o uso de certas concepções pode ser limitado a determinado contexto (SILVA; AMARAL, 2013). Assim, construir as zonas de um perfil conceitual de um conceito é mais que categorizar o escrito ou o discurso falado, embora envolva este procedimento.

Há alguns requisitos para que o trabalho de construção do perfil de um dado conceito seja proposto (MORTIMER; EL-HANI, 2014). São eles: o conceito deve ser central em alguma área científica, deve ser polissêmico e deve estar presente tanto na linguagem científica quanto na cotidiana.

Na literatura encontramos diferentes trabalhos desenvolvidos com o objetivo de propor perfis conceituais para diferentes conceitos científicos, como: conceito de molécula (MORTIMER, 1997), entropia e espontaneidade (AMARAL; MORTIMER, 2005) e substância (SILVA; AMARAL, 2013).

Conforme aponta Costa (2019), assim como também foi discutido na introdução do presente trabalho, o conceito de equilíbrio químico atende a todos os requisitos apresentados, de modo que a construção do perfil conceitual para o conceito em muito pode contribuir para refletirmos sobre sua aprendizagem e os diferentes modos de pensar sobre ele.

Nesse contexto, justificamos a relevância do presente trabalho para contribuir com reflexões sobre a aprendizagem da temática, considerada uma das mais difíceis na Química e marcada pela permanência e uso de concepções alternativas no contexto escolar (MACHADO; ARAGÃO, 1996; MATEUS; FERREIRA, 2021), mesmo estas já tendo sido identificadas e discutidas há muitos anos.

Para isso, nós nos apoiamos no trabalho realizado por Costa (2019) e Costa e Santos (2019) que tiveram, dentre outros, o objetivo de construir uma proposta de perfil conceitual para o conceito de equilíbrio químico, incluindo zonas e características do equilíbrio químico (Quadro 2). De modo que a proposta dos autores (com algumas modificações) foi utilizada no presente trabalho para analisar os modos de pensar de licenciandos em Química sobre o tema.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa⁶, de caráter qualitativo, tem como objetivo identificar as zonas de perfil conceitual de equilíbrio químico de licenciandos em Química. Os sujeitos de pesquisa se referem a quatorze discentes de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade

⁶ O presente trabalho foi construído a partir da releitura de dados obtidos em uma pesquisa de Mestrado (MATEUS, 2019).

pública localizada no estado de São Paulo. Estes licenciandos foram escolhidos por já terem cursado disciplinas na graduação que abordam a temática de equilíbrio químico. No entanto, nem todos se encontravam no mesmo período do curso.

No Quadro 1 apresentamos o perfil de cada licenciando (nomeados de L1 até L14) em relação às disciplinas já cursadas que contém em sua ementa a temática de equilíbrio químico.

Quadro 1 – Perfil dos discentes participantes da pesquisa

Licenciandos	Disciplinas cursadas com aprovação	Período no curso (10 semestres)
L1, L4	Química Geral II, Físico-Química I, Química Analítica Qualitativa e Química Analítica Quantitativa.	10º
L2, L3, L5, L7, L9, L12,	Química Geral II, Físico-Química I, Química Analítica Qualitativa.	6º
L13, L14	Química Geral II, Físico-Química I.	6º semestre do curso*
L6, L8, L10, L11	Química Geral II.	4º semestre

Fonte: Elaboração pelos autores

As concepções dos licenciandos foram analisadas, conforme mencionado, a partir do seguinte questionamento realizado a eles em uma entrevista semiestruturada: “Que pensamento lhe vem à cabeça ao ouvir falar de equilíbrio químico?”. Para análise e posterior categorização das respostas dos discentes, utilizamos as zonas de equilíbrio e as respectivas categorias de equilíbrio químico propostas por Costa (2019), com algumas adaptações.

Costa (2019) se baseou no trabalho de Mortimer e El-Hani (2014), discutindo que a temática de equilíbrio químico atende aqueles três critérios propostos pelos autores: é central para a ciência; é polissêmico o suficiente para construção de um perfil e está presente na linguagem científica e cotidiana. Obedecendo tais critérios, o autor estudou os domínios sociocultural, ontogenético e microgenético para construção de sua proposta. De seus estudos o autor propôs as seguintes zonas para o equilíbrio: intuitiva, estática, cinética e energética.

Para construção das categorias e relação destas com as zonas de equilíbrio (Quadro 2), Costa (2019, p. 19) propôs os seguintes questionamentos aos alunos: “O que você compreende por equilíbrio químico [...] Como você explicaria a origem do estado de equilíbrio químico? Em sua resposta, por favor, descreva os fatores e condições que você considera necessário para que uma reação alcance esse estado.”. Tais questionamentos tiveram a finalidade de obter registros sobre o modo de pensar e falar dos discentes sobre o tema.

Analisando as respostas à tais questionamentos, o autor agrupou, dentro de cada zona de equilíbrio, sete categorias referentes as ideias expressas pelos alunos, sendo elas: “1) noção de igualdade; 2) noção de estabilidade; 3) variáveis de estado; 4) estado estático; 5) dinâmico

simples; 6) equilíbrio cinético; 7) equilíbrio energético” (COSTA, 2019, p. 19). Apresentamos no Quadro 2 a relação envolvendo o perfil de equilíbrio, com suas respectivas categorias.

Quadro 2 – Relação entre as zonas de equilíbrio e as categorias de equilíbrio químico

Zonas de equilíbrio	Descrição	Categorias de equilíbrio
Zona intuitiva	Noção de equilíbrio associada a experiência cotidiana e ao funcionamento da balança, sendo esta ideia a norteadora dos pensamentos iniciais sobre o conceito.	Noção de igualdade Noção de estabilidade
-	-	Variáveis de estado e favorecimento reacional
Zona estática	Noções de “igualdade” e “estabilidade” nos mesmos sentidos apresentados na zona intuitiva, porém com a incorporação de conhecimentos científicos a elas. Como o equilíbrio de forças estudado em Física.	Estado estático
-	Noção de equilíbrio relacionada a ideia de processo que ocorre em velocidades iguais, mas sem especificação de se tratar de um processo simultâneo.	Dinâmico simples
Zona cinética	Noção de equilíbrio associado ao caráter dinâmico do equilíbrio relacionando-o com a cinética, considerando a simultaneidade do processo e, conseqüentemente, ideias de coexistência e concentração constante.	Equilíbrio Cinético
Zona energética	Noção de equilíbrio associada com o conceito de energia, relacionando-o com a termodinâmica	Equilíbrio energético

Fonte: Elaboração baseada em Costa (2019, p. 19)

Desse modo, as informações sintetizadas e apresentadas no Quadro 2 serviram de base para análise das concepções dos licenciandos na presente pesquisa, no entanto ressaltamos que realizamos algumas adaptações, que já se encontram sintetizadas no próprio quadro.

São elas: I) Consideramos que a categoria “variáveis de estado” agrupa qualquer concepção de equilíbrio químico atrelada ao Princípio de Le Chatelier. Portanto, qualquer expressão associada a ideia de “deslocamento”, “favorecimento” e/ou alteração de variáveis (temperatura, concentração e pressão) foram agrupadas nesta categoria; II) Na categoria “dinâmico simples”, agrupamos qualquer concepção de equilíbrio químico atrelada ao fato de ambas reações acontecerem (processo dinâmico), sem a necessidade do sujeito expressar a concepção (ou não) do processo ser simultâneo. Tal pensamento se refere a concepção alternativa de pêndulo e compartimentalização do sistema; III) Na categoria “equilíbrio cinético”, agrupamos as concepções de equilíbrio químico na qual o sujeito expressa a concepção de que as velocidades são iguais, portanto o processo é dinâmico e simultâneo. Outra consideração desta categoria é que nela estão as demais características de equilíbrio químico que parece ser conseqüências da aprendizagem predominantemente significativa da simultaneidade (MATEUS; FERREIRA, 2021): a coexistência e concentração constante.

Uma vez explicitadas as respectivas modificações do instrumento de análise dos dados, seguimos para próxima seção na qual discutimos os resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção discutiremos a categorização das concepções dos licenciandos de acordo com as zonas do perfil conceitual de equilíbrio e as categorias de equilíbrio químico propostas por Costa (2019), com as adaptações discutidas anteriormente.

Esclarecemos ao leitor que algumas respostas dos discentes eram passíveis de serem categorizadas em mais de uma categoria. Isso era de se esperar pois, conforme discute Costa (2019) diferentes maneiras de pensar e de falar são passíveis de imersão numa mesma frase, sendo comum nos estudos de perfis conceituais, fazendo parte “[...] das premissas da teoria a coexistência de diferentes modos de pensar do mesmo indivíduo, e assim, é manifestada a heterogeneidade no plano individual” (COSTA, *op. cit.* p. 12). Além disso, utilizamos para comparação com os nossos dados, aqueles obtidos pelo autor por meio do seguinte questionamento: “O que você compreende por equilíbrio químico?” (COSTA, *op. cit.*, p. 19).

Diante de tais esclarecimentos, apresentamos a nossa proposta de categorização das concepções dos licenciandos no Quadro 3. Na sequência, discutiremos com maiores detalhes cada proposta de categorização.

Quadro 3 – Categorização das concepções dos 14 licenciandos sobre equilíbrio químico com base nas zonas do perfil conceitual

Zonas de equilíbrio	Categorias de equilíbrio	Licenciandos (14 no total)	%
Zona intuitiva	Noção de igualdade	-	-
	Noção de estabilidade	L7, L8, L9, L11 e L13.	35,8
-	Variáveis de estado e favorecimento reacional	L1; L14.	14,3
Zona estática	Estado estático	L10.	7,1
-	Dinâmico simples	L2; L3; L4; L6.	28,6
Zona cinética	Equilíbrio Cinético	L5.	7,1
Zona energética	Equilíbrio energético	L12.	7,1

Fonte: Elaboração pelos autores

Zona intuitiva: categorias noção de igual e noção de estabilidade

Das análises das respostas dos discentes, temos que L7, L8, L9 e L11 e L13, ou seja, 35,8% expressaram uma concepção de equilíbrio norteadas pelos pensamentos iniciais sobre o

conceito (Quadro 2). Suas ideias revelaram estar associadas a experiência cotidiana e ao funcionamento da balança, resultando no entendimento de equilíbrio químico estável.

A diferença na concepção em ambas categorias (noção de igualdade e noção de estabilidade) consiste no fato da primeira ser uma concepção alternativa (concentrações iguais de reagente e produto). Já a ideia de estabilidade entende-se que as concentrações podem ou não ser iguais (COSTA, 2019).

Assim, os licenciandos participantes da presente pesquisa não afirmaram que nesse estado as concentrações são iguais, mas que elas se manteriam mais ou menos iguais. Em outros momentos, alguns chegaram a mencionar que no equilíbrio químicos haveria igualdade nas concentrações. Assim, nossos dados acabam revelando uma confusão por parte dos discentes se de fato as concentrações são ou não as mesmas para reagentes e produtos. Os trechos a seguir representam, respectivamente, essa categorização de estabilidade (L8, L11 e L13):

L8: *A quantidade ali que foi formada de produto e a quantidade que sobrou de reagente, tipo, fica em equilíbrio assim, acho que não tem tanta variação.*

L11: *Ah [...] quando a gente pensa assim em equilíbrio [químico] é uma coisa assim que tá assim, balanceada, né? Mais ou menos iguais dos dois lados [...]*

Essas noções de igualdade e estabilidade apresentaram, ambas 13% de frequência nas concepções dos graduandos investigados por Costa (2019). Sendo que, em concordância com o autor, observamos que apesar de a linguagem científica estar presente em ambas categorias (produto, reagente) a ideia atrelada ao equilíbrio é distante da elaboração conceitual científica.

As concepções alternativas de equilíbrio químico a um estado no qual não ocorrem mais transformações, devido ao sistema atingir certa estabilidade (MACHADO; ARAGÃO, 1996), e de que as concentrações das espécies no sistema são iguais ou próximas também já foram observadas em licenciandos de outras IES e amplamente discutidas na literatura (JÚNIOR; SILVA, 2009; SANTOS; ANDRADE; IZAIAS, 2016).

Sem definição de zona: categoria variáveis de estado e favorecimento reacional

Dois licenciandos (L1 e L14), 14,3%, expressaram uma concepção de equilíbrio fortemente atrelada ao Princípio de Le Chatelier, visto que tal ideia foi observada em demais momentos da entrevista nas manifestações dos futuros professores. O seguinte trecho extraído da resposta de L14 representa bem a concepção dos discentes:

L14: [...] vem já o deslocamento do equilíbrio, esses negócios de aumentar a concentração, temperatura... e só isso, eu não penso em nenhuma reação em equilíbrio, eu imagino o gráfico.

Em seu trabalho, Costa (2019) observou que 5% das respostas revelaram a concepção de equilíbrio atrelada a “variáveis de estado”, destacando a reversibilidade reacional, mas sem detalhes sobre o processo. Em outra pesquisa, Júnior e Silva (2009) também relataram que as concepções de 19% dos licenciandos de uma IES do estado de Minas Gerais também se mostraram atreladas ao favorecimento reacional.

Novamente, apesar de ser observado o uso da linguagem científica, a concepção destes licenciandos, que inclui um formando, ainda parecem se distanciar da científica e se limitar a memorização do favorecimento reacional e de fatores que podem influenciar nele.

Zona estática: categoria estado estático

Apenas um licenciando, ou seja 7,1%, foi categorizado nessa zona expressando a concepção de equilíbrio atrelada ao equilíbrio de forças, conforme podemos observar em um trecho na fala do licenciado L10, quando se refere ao equilíbrio pensando que:

L10: [...] tem essa coisa do positivo do negativo, porque um precisa sustentar o outro [...]

Segundo Machado e Aragão (1996), a concepção de equilíbrio químico enquanto estado estável estático induz o aluno a considerar que não ocorrem mais transformações devido ao fato de que o sistema atingiu tal estabilidade. As autoras associam tal concepção alternativa, bem como as noções de estabilidade e igualdade, como consequência das experiências cotidianas não abstratas dos estudantes, como o equilíbrio em cordas, balança e do estudo de equilíbrio estático na disciplina de Física. De modo que, na concepção de L10, a ideia de equilíbrio aplicado na Física poderia ser também aplicada ao contexto da Química, revelando possivelmente dificuldades do discente em diferenciar os contextos em questão.

Porém é relevante esclarecermos que a separação feita por Costa (2019) a essa ideia de que no equilíbrio químico as reações não ocorrem mais (categorias noção de igualdade, noção de estabilidade e estado estático) não foi realizada pelas autoras. A noção de “equilíbrio estático” foi observada em 11% das respostas obtidas por Costa (2019). Tal ideia também se refere a concepção alternativa de que ao atingir o equilíbrio químico, produtos e reagentes deixariam de reagir entre si.

Sem definição de zona: categoria dinâmico simples

Da análise das respostas dos discentes, quatro (L2, L3, L4 e L6), somando 28,3%, delas foram aqui agrupadas. Tais discentes expressaram em suas respostas a ideia de que o equilíbrio químico é um processo dinâmico, no qual ocorrem as reações direta e inversa. No entanto, não deram indícios de compreender que tal dinamicidade é simultânea, conforme podemos observar no seguinte exemplo:

L2: *É bem errado, mas eu penso que está tipo tudo estável, a reação está acontecendo indo e vindo, e indo e voltando né? Daí a gente acaba não vendo nada [...] teria que ter uma quantidade de moléculas reagindo acho [...] daí elas vão se transformar em produtos, mas daí depois de um certo momento, elas vão voltar para formar que elas eram reagentes, daí vai ficar nesse ciclo.*

Essa mesma compreensão já foi observada em licenciandos de outras IES (SANTOS; ANDRADE; IZAIAS, 2016). Logo, nossos dados, em concordância com a literatura, revelam que a ideia de “velocidades iguais” não necessariamente está relacionada ao fato de as reações ocorrerem concomitantemente, evidenciando problemas na compreensão do conceito no nível submicroscópico, e da linguagem atrelada a simultaneidade.

A categoria “dinâmico simples” obteve um total de 6% das respostas dos discentes investigados por Costa (2019). Igualmente aos nossos dados, nessa categoria, as respostas dos alunos em questão previram certo caráter dinâmico, mas não esclareceram seus fundamentos relacionados à cinética e/ou termodinâmica.

Zona cinética: categoria equilíbrio cinético

Apenas um licenciando (7,1%), expressou uma concepção de equilíbrio químico relacionada a ideia cinética de um processo dinâmico e simultâneo, sendo capaz de propor, inclusive uma explicação que revelou sua compreensão do processo a nível submicroscópico:

L5: *[...] A gente tem um estado que a reação chega em que a velocidade de transformação de reagente para produto é igual ao processo inverso. Então eu deveria imaginar um sistema inicial que tem só o reagente A [...] interagindo, alguns se transformando em produto, aí a concentração de produto começa a aumentar [...] você aumenta a interação entre moléculas de produto [...] vai começar haver [...] choques efetivos entre os produtos e vai fazer com que eles comecem a se transformar em reagentes [...]. Conforme a quantidade de produto aumenta, a taxa de colisões entre moléculas de produto também aumenta, assim [...] a velocidade da reação inversa vai aumentando até que a gente chega naquele ponto em que a mesma quantidade de reagente que se transforma em produto e vice-versa.*

Esclarecemos uma troca de palavras que o discente realizou ao se referir a “mesma quantidade”, quando na verdade quis se referir a “mesma velocidade”. Não se tratando, portanto, nesse caso de um equívoco conceitual. A ideia de equilíbrio expressa por L5 na presente categoria revela uma ideia mais afastada do pensamento espontâneo, derivada do ensino formalizado e coerente do ponto de vista científico, acompanhada de um certo desenvolvimento conceitual a nível submicroscópico.

A análise do questionário aplicado por Costa (2019) evidenciou a predominância do “caráter cinético” em 46% das respostas obtidas pelo autor, sendo este dado diferente do nosso. No entanto, reforçamos que na presente categoria incluímos manifestações cinéticas atreladas a ideia de simultaneidade, não sendo suficientes manifestações apenas limitadas a dinamicidade do processo (velocidades iguais).

Zona energética: categoria equilíbrio energético

Apenas o licenciando L12 (7,1%), expressou em sua resposta alguns termos atrelados a termodinâmica:

L12: [...] equilíbrio é dinâmico então ele tá sempre acontecendo, mas de velocidades iguais e você sempre tente alcançar um estado que seja de maior entropia e sempre energeticamente favorável, então o equilíbrio químico vai tá sempre deslocado pra um lado ou para o outro, de acordo com a termodinâmica [...]

Do trecho selecionado da resposta de L12 podemos observar que o discente também apresentou uma concepção de equilíbrio em termos cinéticos (categoria equilíbrio cinético), no qual o processo é dinâmico e simultâneo. No entanto, diferentemente de L5, tentou propor uma explicação termodinâmica para o fenômeno, e no que parece, para o favorecimento reacional, justificando nossa escolha em classificar sua concepção na categoria em questão.

De uma maneira geral, apenas as concepções de dois alunos (L5 e L12) foram as que mais se aproximaram da científica e que apresentaram tentativas de explicações com base em conceitos cinéticos e/ou termodinâmicos e considerações, à nível submicroscópico, para o estado de equilíbrio químico.

Nossos dados reforçam as discussões da literatura sobre a importância do tratamento cinético e termodinâmico da temática, considerando a necessidade de discussão e articulação destes conceitos nos diferentes níveis representacionais da Química, com destaque ao nível submicroscópico que tende a ser desvalorizado nas explicações docentes.

A partir desse tratamento qualitativo e interligado entre os níveis, seria possível favorecer a superação dos obstáculos epistemológicos constituintes na forma de concepções alternativas (SILVA, 2016) de equilíbrio químico, permitindo assim a sua evolução conceitual segundo as zonas mais complexas, próximas as científicas.

De fato, as concepções alternativas atreladas as primeiras zonas de equilíbrio e categorias de equilíbrio químico, podem evidenciar um forte apego às experiências cotidianas não abstratas. Além disso, também evidenciam o apego às características macroscópicas do conceito de equilíbrio químico, de que não são observadas mudanças macroscópicas no sistema. No entanto, a explicação e entendimento científico para essa observação sensorial (observadas apenas em explicações de L5 e em L12) se encontra no nível submicroscópico. Essa compreensão parece ser fundamental para que o discente avance no perfil de equilíbrio, desenvolvendo as zonas cinética e termodinâmica.

O uso das concepções prévias e alternativas para explicar e tentar resolver novos problemas poderia indiciar uma falta de consciência discente sobre seu próprio perfil (MORTIMER, 1996), como parece ocorrer por exemplo com L10. Em outras palavras, ao não compreender que os diferentes modos de pensar fazem parte de um mesmo perfil, mas que apresentam domínios que se aplicam em contextos diferentes, poderia leva-lo a generalizar o seu conceito prévio que é mais familiar e, portanto, usado com maior segurança mediante uma nova situação (MORTIMER, 1996). De acordo com o autor, essa tomada de consciência de seu perfil e uso de cada uma de suas noções em contextos apropriados é o que diferenciaria um estudante iniciante de um cientista ou do professor.

Apesar dos diferentes significados de um conceito coexistirem em um indivíduo e poderem ser modelados como zonas em um perfil conceitual e serem acessados em contextos apropriados, Mortimer e El-Hani (2014, p. 18), afirmam que não há garantia de que um indivíduo realmente saiba quais significados são mais apropriados para quais contextos. Segundo os autores⁷, “[...] isto é algo a ser aprendido, e aprender isso é aprender sobre a própria heterogeneidade de pensar e falar e a diversidade de contextos em que usamos nossos pensamentos e fala [...]”. Essa aprendizagem pode/deve ser estimulada no processo de formação inicial.

⁷ This is something to be learned, and to learn this is to learn about the very heterogeneity of thinking and speaking and the diversity of contexts in which we use our thoughts and speech (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p. 18)

Nossos dados apontam que a maioria dos licenciandos participantes da pesquisa não apresentam uma concepção conceitual de equilíbrio próxima a científica, com maior predominância (57,2 %) das zonas intuitiva e estática nas categorias “noção de estabilidade”, “variáveis de estado e favorecimento reacional” e “estado estático”. Tais concepções foram acompanhadas de explicações limitadas principalmente aos níveis simbólico e macroscópico.

Nossas considerações são reforçadas quando analisamos as animações elaboradas pelos próprios discentes, em outro momento da coleta de dados, para representar o equilíbrio químico estabelecido entre os gases ozônio e oxigênio no nível submicroscópico por meio da técnica de *stop motion* (MATEUS, 2019; MATEUS; FERREIRA, 2021).

Por meio deste instrumento, nossos dados corroboram para as discussões aqui apresentadas ao evidenciarem que apenas os licenciandos L5 e L12 expressaram um entendimento de equilíbrio químico nesse nível, considerando os aspectos cinéticos e as características desse estado. Enquanto que os demais apresentaram dificuldades para representar o sistema em questão no nível submicroscópico, sendo inclusive, algumas concepções alternativas (categorias “noção de igualdade”, “noção de estabilidade”, “estado estático” e “dinâmico simples”) evidenciadas nas animações produzidas pelos discentes.

Relacionando essa análise das animações com as zonas do perfil de equilíbrio aqui proposta, parece que os discentes apresentam dificuldades em atribuir significados à temática no nível submicroscópico e de compreendê-lo do ponto de vista qualitativo. Isso implicaria na maior observação das zonas mais distante da científica e, por isso, próximas do cotidiano, dificultando o desenvolvimento das zonas mais complexas, conforme discutido.

Nossas considerações são reforçadas por Milagres e Justi (2001, p. 42) quando as autoras discutem que “[...] as explicações relativas à existência do estado de equilíbrio e aos processos de tal estado ser atingido e deslocado situam-se no nível microscópico [...]”. De fato, a maioria dos estudantes participantes da pesquisa mencionaram que as aulas envolvendo o tema equilíbrio químico eram focadas nos níveis simbólico (execução de cálculos e predições de deslocamento para esquerda ou direita) e macroscópico (por meio de alguns exemplos), tendo poucas discussões associadas ao nível submicroscópico e aspectos qualitativos.

Isso reforça o que discutimos, que para estimular a construção e desenvolvimento das demais zonas do perfil de equilíbrio e avançar nas categorias, parece ser necessária a articulação e discussões entre os diferentes níveis, principalmente o macro e submicroscópico.

Outro dado importante de pesquisa, e ao mesmo tempo preocupante, se refere ao fato de que todos os graduandos afirmaram que a maioria de seus professores não consideravam suas concepções prévias no processo de ensino. Nem aquelas atreladas às aprendizagens científicas prévias (conceito de reação química, estequiometria, cinética etc.) nem as relacionadas ao cotidiano (ideias de equilíbrio em geral, fortemente presente nas primeiras zonas). Logo, nossos dados indicam que esse fator também pode ter influenciado no processo de construção conceitual de equilíbrio químico.

Diante dessas discussões fica evidenciada a importância da teoria do perfil conceitual para a área de ensino de ciências, em específico de Química, no sentido de permitir compreendermos a permanência e uso no contexto escolar das ideias prévias e alternativas de estudantes que já passaram por um processo formativo envolvendo as noções científicas.

De modo que assumir a existência de perfis conceituais como manifestação da heterogeneidade de pensamento implica reconhecer a coexistência de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito, que são acessados e usados pelo indivíduo nos contextos apropriados. A ciência em si não é uma forma homogênea de conhecer e falar e pode fornecer várias maneiras de ver o mundo, que podem coexistir no mesmo indivíduo e ser utilizado em contextos diferentes (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

REFLEXÕES FINAIS

De acordo com a teoria do perfil conceitual, é possível pensarmos na ideia da existência de um perfil conceitual de equilíbrio, que inclui modos de pensar e explicar o equilíbrio químico desde concepções menos abstratas e menos complexas (concepções alternativas mencionadas) até aquelas mais próximas aos significados compartilhados e aceitos pela comunidade científica (mais complexas e mais abstratas).

Ainda, dependendo da experiência do sujeito, da aprendizagem e apropriações que experimenta em sua trajetória escolar, também considerando as experiências cotidianas, uma ou outra zona desse perfil estará mais desenvolvida e influenciará o modo como compreende e explica o conceito, isso é, o modo de pensar e falar sobre o conceito.

Fundamentados nesses pressupostos, bem como na proposta do perfil conceitual de Costa (2019), nos propusemos a analisar e identificar as zonas do perfil conceitual de licenciandos em Química. Os nossos dados revelaram possíveis problemáticas no processo de

ensino e aprendizagem quando não são consideradas as concepções prévias e alternativas dos futuros professores no ensino da temática.

É importante ressaltarmos que tais concepções tendem a se referir as primeiras zonas do perfil e geralmente se associam as concepções alternativas atreladas ao conceito. Também reforçamos que, segundo a teoria do perfil conceitual, a aprendizagem pode ser compreendida como um processo construtivo de incorporação de novas maneiras de pensar ao perfil pré-existente do aluno, isto é, a uma ampliação conceitual.

Assim, com base nos resultados obtidos apresentados e discutidos no decorrer do texto, temos que as zonas mais desenvolvidas para o equilíbrio químico estão associadas as ideias mais simplistas e menos complexas. Isso pode ser consequência, dentre outros fatores: dessa falta de problematização e consideração dos modos de pensar e explicar o equilíbrio durante a formação inicial, dificultando a ampliação conceitual; da não articulação de discussões qualitativas envolvendo os três níveis representacionais da química; da falta de consciência, por parte dos alunos (e possivelmente também do professor) de seu perfil conceitual e das diferenças ontológicas, axiológicas e epistemológicas de pensar e falar sobre o equilíbrio, que devem ser aplicadas em determinados contextos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AINI, F. Q. *et al.* First-year university students' understanding of chemical equilibrium. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1280, e032018, 2018.

<http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1280/3/032018>

AMARAL, E. M. R; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar e hablar en el aula de Química. **Educación Química**, v. 15, n. 3, p. 218-233, 2004.

<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66179>

BROIETTI, F. C. D. *et al.* Alguns significados da expressão “deslocar o equilíbrio” em formandos do curso de licenciatura em química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 217-233, 2013.

<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172013150313>

COSTA, M. B. S. **O perfil conceitual de equilíbrio e suas contribuições para o ensino de Equilíbrio Químico**. 2019, 43 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Programa de Pós-Graduação em Química, Jequié, 2019.

Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgquimica/wp-content/uploads/2019/12/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Maur%C3%ADcio-Bruno.pdf>.

Acesso em: 07 jul. 2021.

COSTA, M. B. S.; SANTOS, B. F. Um estudo exploratório do domínio micronegético como contribuição para o perfil conceitual de equilíbrio. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, p. 24-362019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2542>.

Acesso em: 07 jul. 2021.

JÚNIOR, J. C. T., E SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 571-592, 2009. Disponível em: <http://reec.educacioneditora.net/>. Acesso em: 07 jul. 2021.

MACHADO; A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. **Química Nova da Escola**, n. 4, p. 18-20, 1996. Disponível em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc04/aluno.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.

MATEUS, P. G. Levantamento de modelos mentais para verificação de aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio químico em licenciandos em Química. 2019. 183 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Programa de Pós-Graduação em Química, São Carlos, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11890?show=full> . Acesso em: 07 jul. 2021.

MATEUS, P. G.; FERREIRA, L. H. Investigação da aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio químico por meio de modelos mentais expressos por licenciandos em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 73-98, 2021. Disponível em:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC_20_1_4_ex1683_294.pdf. Acesso em:

07 jul. 2021.

MILAGRES, V. S. O.; JUSTI, R. S. Modelos de ensino de equilíbrio químico- algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no Ensino Médio.

Química Nova na Escola, v. 13, n. 1, p. 41-46, 2001. Disponível em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a09.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, 1996. Disponível em:

<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645>. Acesso em: 07 jul. 2021.

MORTIMER, E. F. Pressupostos epistemológico para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil conceitual. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1992.

Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1593. Acesso em: 07 jul. 2021.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. **Conceptual profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts**. Netherlands: Springer, 2014.

POSNER, G. J.; *et al.* Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, p. 211- 227, 1982. DOI: [10.1002/sce.3730660207](https://doi.org/10.1002/sce.3730660207).

SANTOS, A. C. O.; ANDRADE, T. S.; IZAIAS, R. D. Concepções de equilíbrio e equilíbrio químico: Uma alternativa para a construção do conhecimento científico. In: **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química**. Anais do XVIII ENEQ – Os desafios da Formação e do Trabalho do Professor de Química no mundo contemporâneo, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2076-1.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.

SATRIANA, T. *et al.* Student's profile of misconception in chemical equilibrium. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1097, n. 1, e012066. 2018. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012066>

SILVA, A. N.; PATACA, E. M. O ensino de equilíbrio químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 33-43, 2018. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160102>

SILVA, D. V. Reflexões sobre obstáculos epistemológicos e níveis de representação na aprendizagem do conceito de equilíbrio químico. **Revista Ensaio e Pesquisa**, v. 14, suplemento especial, p. 132-141, 2016. Disponível em: <http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/viewFile/1194/626>. Acesso em: 07 jul. 2020.

SILVA, J. C. S; AMARAL, E. M. R. Uma análise de estratégias didáticas e padrões de interação presentes em aulas sobre equilíbrio químico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 985-1009, 2017. <http://dx.doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017173985>

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um perfil conceitual para substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 53-72, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4271>. Acesso em: 07 jul. 2021.

VETERE, V.; CAPPANNINI, O.; ESPÍNDOLA, C. Dificultades en la comprensión de equilibrio químico en estudiantes de primer año universitario. In: **I Jornadas sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales**. Anais do I Jornadas sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales, 2017. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/76079>. Acesso em: 09 jun. 2021.

Submetido em: 14 de jul. de 2021.

Aprovado em: 22 de jul de 2021.

Publicado em: 02 de ago. de 2021.