

# Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria

Lívia Cristina dos Santos  
Márcia Gorette Lima da Silva

## RESUMO

Este artigo apresenta dificuldades na compreensão do conceito de estequiometria expressas por licenciandos em química de diferentes níveis do curso de uma instituição pública. Este conceito é relevante por transitar entre o nível macroscópico e submicroscópico das transformações químicas. Para conhecer as dificuldades utilizou-se uma prova pedagógica. Dos dados observou-se a concepção de aparecimento/desaparecimento de matéria nas transformações químicas, desconsideração das proporções estequiométricas na representação e confusão da grandeza quantidade de matéria.

**Palavras-chave:** Estequiometria. Dificuldades de aprendizagem. Ensino superior.

## Knowing the difficulties of learning in higher education for the concept of stoichiometry

### ABSTRACT

This paper presents learning difficulties in understanding of the stoichiometry expressed by undergraduate chemistry in the different periods in the course of a public higher education institution. This concept is relevant for moves between the macroscopic and the submicroscopic levels of chemical reaction. We used a test pedagogical. From the data observed the conception of the appearance or disappearance of matter in chemical transformations, disregard of stoichiometric ratios and confusion in the representation of the magnitude of the amount of matter.

**Keywords:** Stoichiometry. Difficulties of learning. Higher education.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho é um recorte de um estudo que propõe uma atividade de intervenção para trabalhar o conceito de estequiometria (SANTOS, 2013). Para tal, foi necessário situar alguns aspectos referentes ao ensino de estequiometria na educação básica no campo disciplinar da química como relevante para o entendimento de outros. Apesar de não ser

---

**Lívia Cristina dos Santos** é Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UFRN. Professora do IFRN. Endereço: Rua Terra de Areia, nº 35, Bairro Pajuçara, Natal/RN. CEP 59.131-650 – E-mail: liviaquimili@hotmail.com

**Márcia Gorette Lima da Silva** é Doutora em Educação. Bolsista Capes de Estágio Sênior – Processo nº 4393-13-9. Programa Ciência sem Fronteira. Universidade Autônoma de Barcelona (UAB). Professora do Instituto de Química e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UFRN. Endereço: Rua João Paulo I, 2211, apto 401. Bairro Candelária. Natal/RN. CEP 59.064-470. E-mail: marciagsilva@yahoo.com.br

Acta Scientiae	Canoas	v.16	n.1	p.133-152	jan./abr. 2014
----------------	--------	------	-----	-----------	----------------

nosso objeto de estudo, entendemos que o uso dos documentos legais da educação básica é relevante na formação de professores, pois recomenda elementos orientadores para este nível de ensino e na estruturação curricular para o magistério. Assim, nos dirigimos a conhecer as principais dificuldades de aprendizagem do conceito de estequiometria à luz de outras investigações relatadas na bibliografia (SANTOS; SILVA, 2013). Cabe destacar o porquê da opção pela estequiometria em termos científicos, o qual delineará, mais uma vez, nosso estudo.

A Química é a ciência que estuda a composição dos materiais, suas propriedades e transformações. Isto envolve a compreensão da matéria sob o ponto de vista macroscópico (das propriedades e modificações perceptíveis através dos sentidos humanos) e microscópico (entidades elementares e seus comportamentos), este último é desenvolvido através de modelos explicativos. Além disso, faz uso de símbolos como representações dos materiais e suas transformações. Essa simbologia faz parte de uma linguagem específica, que é necessária à comunicação na área e ao trabalho com os níveis de descrição macroscópico, representacional e submicroscópico (DE JONG; TABER, 2007; ROSA, SCHNETZLER, 1998). A manipulação de fatores característicos desses três níveis de interpretação é essencial no processo de incorporação desta linguagem. Quer dizer, a estequiometria é o campo que lida com as relações quantitativas das transformações químicas que estão implícitas nas fórmulas e nas equações químicas. Estas últimas são expressões simbólicas para as relações quantitativas a nível macroscópico e submicroscópico. Em outras palavras, para aprender estequiometria é necessário compreender a representação das transformações químicas em seus três níveis: descritivo e funcional (macroscópico); simbólico (representacional); explicativo (submicroscópico).

A compreensão dos três níveis de representação da química é uma habilidade essencial a ser desenvolvida durante o estudo da estequiometria, além da relevância do manejo da grandeza quantidade de matéria<sup>1</sup>. Essa magnitude estabelece a conexão entre o campo submicroscópico e o macroscópico, o que torna a sua introdução crucial para o professor no processo educativo.

Entre as vantagens do estudo de estequiometria refere-se ao fato de praticamente todos os conteúdos da química farão uso de equações químicas e de cálculos provenientes da estequiometria. Este conhecimento tem extensa aplicação no contexto tecnológico. Por exemplo, quando falamos em indústria química não há como não pensar em cálculos estequiométricos e o entendimento desse conceito está diretamente relacionado à compreensão de vários fenômenos que ocorrem ao nosso redor, sendo necessário para que os estudantes possam interpretar as transformações químicas em diferentes contextos.

Ao assumirmos a importância do estudo da estequiometria e das dificuldades de aprendizagem expressas por estudantes do ensino médio, ressaltamos o quão relevante é o papel do professor ao mediar estes pontos para favorecer o aprendizado da Química.

---

<sup>1</sup> Trataremos da grandeza cuja unidade é o mol como quantidade de matéria ou quantidade de substância como se esses termos fossem sinônimos.

## O QUE DIZ A LITERATURA SOBRE O APRENDIZADO DE ESTEQUIOMETRIA?

Em trabalho anterior apresentamos uma revisão das principais dificuldades apontadas pela literatura em 31 bases de dados de periódicos e eventos nacionais e internacionais desde os primeiros números, sendo analisados aproximadamente 1250 artigos (SANTOS; SILVA, 2013). Deste levantamento sinaliza que o tema estequiometria é de difícil aprendizagem para os alunos e, por esse motivo, muitos pesquisadores se dedicam a compreender as razões pelas quais eles cometem equívocos ao verbalizar e aplicar conceitos em estequiometria (TÓTH; SEBÉSTYEN, 2009; SCHMIDT, 1990; BOUJAOUDE; BARAK 2003). Entre as causas encontram-se a dificuldade de abstração e transição entre os níveis de representação da matéria (SAVOY, 1988; ANDERSON, 1990; HUDDLEY; PILLAY, 1996; ARASASINGHAM et al., 2004); a grandeza da Constante de Avogrado; a confusão entre mol/quantidade de matéria/Constante de Avogrado/massa molar (DUNCAN; JOHNSTONE, 1973; STAVER; LUMPE, 1995) e as dificuldades no manejo de técnicas matemáticas (GABEL; SHERWOOD, 1984). Observamos que estas se repetem independentemente da faixa etária e da região geográfica.

Com relação à formação de professores de química há um estudo desenvolvido por Landau e Lastres (1996) sobre dificuldades de graduandos quanto à conservação da matéria em uma transformação química. Outros estudos (DRIVER, 1985; LLORENS, 1988) indicam a dificuldade de estudantes em compreender a conservação das massas. Padilla, Furió e Azcona (2005) investigam as concepções históricas e epistemológicas de professores universitários sobre os conceitos de quantidade de substância e mol e como estes são tratados em 30 livros universitários de química e identificaram inconsistências conceituais na compreensão dos conceitos de quantidade de substância e mol, como a confusão dos conceitos com massa ou Constante de Avogrado. No Brasil, Rogado (2005) promoveu um estudo similar com resultados parecidos.

Com relação ao nível médio, no Brasil, Rosa e Schnetzler (1998) apresentam uma revisão da literatura a respeito das concepções alternativas dos alunos sobre transformação química. Como causas apontadas na literatura para essas concepções destacam-se a falta de discussões sobre o conhecimento científico e a não explicitação por parte dos professores e pelos materiais didáticos das relações entre os níveis submicroscópico e macroscópico.

Verone e Piazza (2007) observaram que alunos brasileiros ao balancear conseguiam identificar a quantidade de átomos de um elemento nas fórmulas químicas, mas não compreendem o significado dessas fórmulas, mostrando que não as interpretam em nível submicroscópico e certa dificuldade nos cálculos matemáticos de proporções ao resolver problemas envolvendo leis ponderais.

Outro estudo apresentava a dificuldade de aprendizagem sobre o conceito de quantidade de substância e de sua unidade, o mol (GARCIA et al., 1990) os quais, por si só, produzem confusões por provocar a associação da grandeza cuja unidade é o mol com qualquer uma dessas outras, quando na realidade tratamos de uma magnitude diferente. Sinalizavam que não compreendiam as relações estabelecidas entre a quantidade de

matéria e as outras grandezas, mas demonstravam entender que a quantidade de matéria é o mesmo que massa ou volume. Além disso, foram relatadas dificuldades na diferenciação entre massa molecular e massa molar e na compreensão de conservação de matéria em uma reação e dos significados das relações estequiométricas em uma reação química, independente no nível de ensino.

Furió et al. (1993) estudam representações mentais dos estudantes referentes à quantidade de substância e, em que medida, a formação do ensino secundário contribuiu para uma visão dessa grandeza. Entretanto, ao analisar aqueles estudantes mais adiantados nos estudos, verificava-se que uma menor quantidade de alunos associava quantidade de matéria a massa e, por outro lado, aumentava o número daqueles que associava essa grandeza ao volume. Os autores inferem que a forma operativista de como o conceito de mol é introduzido sem aproximação com as ideias que fazem parte de sua origem e evolução, o que impede a atribuição pelo aluno de significado a essa unidade, resultando assim nas dificuldades. Na mesma direção, Furió, Azcona e Guisasola (1999) partem da hipótese de que as dificuldades dos estudantes estão relacionadas à falta de conhecimento docente sobre a gênese e evolução do significado dos conceitos de quantidade de matéria e mol.

Considerando os pontos discutidos, nosso estudo tem um caráter fenomenológico em um estudo de caso, com o propósito identificar as dificuldades de aprendizagem sobre conceitos envolvidos com estequiometria expressas por futuros professores de química que se encontram em formação em uma instituição pública de ensino superior.

## **ASPECTOS DIDÁTICO-PEDAGÓGICOS PRESENTES NOS DOCUMENTOS LEGAIS**

Os documentos legais brasileiros que direcionam a educação no ensino médio do nosso país, tais como Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Parâmetros Curriculares Nacionais Mais e Orientações Curriculares para o Ensino Médio, destacam entre outros, os objetivos, a estruturação do conhecimento e a abordagem didático-pedagógica para a educação em química. Dos objetivos, propõem levar os estudantes a compreender as transformações químicas no mundo físico, julgar e avaliar as informações de todas as fontes e como cidadãos críticos, tomar decisões de forma autônoma (BRASIL, 2000). Para tanto, advogam a favor da contextualização baseada em situações reais ou outras ferramentas como, por exemplo, a experimentação como um dos principais eixos do ensino dessa ciência. Em termos de estruturação do conhecimento em química, os documentos propõem três eixos, a saber: transformações químicas; materiais e suas propriedades; modelos explicativos (BRASIL, 2006).

Para o conceito de estequiometria, os documentos enfatizam a necessidade de aquisição de conhecimentos e habilidades durante seu estudo, entre eles, a compreensão “do significado da composição dos materiais e da concentração em massa e quantidade de matéria de soluções; do significado matemático do coeficiente estequiométrico e a compreensão de como os químicos preveem o rendimento de uma reação” (BRASIL,

p.113, 2006). Também propõem que a abordagem didático-pedagógica tenha um tratamento inicial macroscópico, que se aproxima da leitura que o estudante faz do mundo, antes da introdução das equações químicas e da relação com o nível submicroscópico. Os documentos apontam que “os fatos macroscópicos já estudados podem ser o ponto de partida para a construção de modelos microscópicos” (BRASIL, p.34, 2000). Com relação à transição para o nível simbólico apontam a “tradução da linguagem simbólica da Química, compreendendo seu significado em termos microscópicos” (BRASIL, 2006, p.114) como habilidade necessária à aprendizagem da química.

Ao olharmos o conceito de estequiometria, observamos que este amplia a visão sobre transformações químicas considerando as relações entre quantidades nas reações químicas, desenvolvendo o conhecimento global em seus aspectos macroscópico, submicroscópico e simbólico.

## **ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

Para identificar as dificuldades de aprendizagem dos participantes sobre estequiometria e seus conhecimentos sobre os conteúdos necessários a sua aprendizagem, nos focamos em outros estudos sobre a conservação da matéria e a transição entre os seus níveis de representação (TORRE; SANCHEZ-JIMÉNEZ, 1992; LANDAU; LASTRES, 1996; HINTON; NAKHLEH, 1999) e a quantidade de matéria e sua unidade – o mol (ROCHA-FILHO, 1988; GARCIA et al., 1990; FURIÓ et al., 1993; ROGADO, 2005). Para tanto, foi elaborado um instrumento (prova pedagógica) tendo como base algumas publicações existentes sobre o tema (BALLÉN, 2009; GARCIA ET AL. 1990; LANDAU; LASTRES, 1996; TORRE; SANCHEZ-JIMÉNEZ, 1992; FURIÓ; AZCONA; GUINASOLA, 1999; CHANDRASEGARAN et al., 2009).

As provas pedagógicas têm o propósito de avaliar os resultados da aprendizagem (estado dos conhecimentos, hábitos e habilidades). Elas possibilitam sinalizar elementos para a verificação da aprendizagem dos participantes e, ao mesmo tempo fornecer subsídios para o professor e/ou pesquisador rever sua intervenção no processo de ensino e aprendizagem. Pelo tipo de respostas que provocam, as provas pedagógicas são classificadas em provas de desenvolvimento, também denominadas de ensaio ou tradicionais e as provas de resposta breve ou objetivas (LEÓN et al., 2001). Essas provas permitem conhecer o grau de domínio e profundidade que o participante possui com relação às temáticas abordadas para expressar as ideias com clareza e precisão. Comparada às de resposta breve, sua redação é muito menos complexa, embora, a subjetividade do pesquisador possa influenciar na pontuação outorgada ao sujeito e o tempo que se requer para respondê-la e avaliá-la seja maior (LEÓN et al., 2001).

Em nossa investigação utilizamos a prova pedagógica de desenvolvimento cujo objetivo era avaliar o rendimento dos licenciandos e inferir como alguns elementos das discussões produzidas durante a intervenção apareciam nas suas respostas, logo, essa modalidade de prova permitiria ao licenciando ter a liberdade de expressar as ideias. Para cada pergunta foi solicitado que o participante argumentasse o porquê de sua resposta.

O instrumento (em anexo) possuía 4 perguntas abertas e 3 fechadas, as quais foram selecionadas, de modo a possibilitar a abordagem de algumas habilidades cognitivo-linguísticas tais como: compreender e aplicar a lei de conservação das massas (questões 1 e 3); representar uma reação química utilizando a linguagem química (questões 2 e 4); compreender e aplicar o conceito de quantidade de matéria/mol (questões 5, 6 e 7). O desenvolvimento dessas habilidades se delineia como um dos objetivos da aprendizagem da estequiometria. Assim, o instrumento de pesquisa tem como finalidade permitir a percepção de quais são as ideias e dificuldades apresentadas pelos estudantes, que podem obstaculizar o desenvolvimento dessas habilidades.

A pesquisa foi realizada com 60 alunos do curso de licenciatura em química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte divididos em dois grupos. No primeiro grupo (G1) formado por 15 alunos em um nível mais avançado do curso que já haviam estudado o conceito de estequiometria. O segundo grupo (G2), com 45 alunos se encontravam no primeiro período do ensino superior e estavam estudando este conteúdo.

As respostas dos participantes foram transcritas e analisadas de acordo com os princípios da análise textual discursiva (MORAES, 2003). A análise textual discursiva (ATD) constitui um método de análise envolvendo elementos de dois métodos utilizados na pesquisa qualitativa, que são a análise de conteúdo e a análise de discurso. De acordo com Moraes (2003), o *corpus* é o conjunto de textos que representa as informações da pesquisa, que são essenciais para a obtenção de resultados válidos e confiáveis. A ATD consiste em de três etapas, sendo a primeira a unitarização, na qual é o processo de separar os textos em unidades de sentido. O objetivo desse processo é “perceber os sentidos do texto”, constituindo um trabalho interpretativo para o investigador. As respostas são fragmentadas em unidades de significado que tenham relação com os objetivos da pesquisa. Esse processo pode levar a descontextualização das ideias apresentadas, sendo necessária a reescrita dessas unidades de sentido, de forma a se estabelecer com clareza os significados atribuídos pelo participante. Isto é, cada unidade de sentido assume um significado. Finaliza-se a unitarização atribuindo títulos para cada unidade produzida, com o objetivo de facilitar o passo seguinte da análise (MORAES, 2003). Este passo é a categorização, o que envolve a articulação de significados semelhantes (MORAES; GALIAZZI, 2006). As categorias são os agrupamentos desses elementos similares as quais podem ser divididas em “*a priori*” (seriam a base das teorias que sustentam a pesquisa); emergentes (aquelas que emergem dos dados que estão sendo analisados); mistas (possuem mudanças gradativas no conjunto inicial de categorias). Em nosso estudo já dispúnhamos de duas categorias *a priori*, provenientes da literatura, a saber: a ideia/dificuldade expressa para um dado aspecto e a resposta considerada adequada como conhecimento científico.

Como última etapa da ATD, temos que a elaboração de metatextos analíticos que expressem os sentidos lidos de um conjunto de textos. Isso envolve a explicitação das relações entre as categorias e, portanto, um processo interpretativo e ao mesmo tempo descritivo. É quando o pesquisador expressa o que compreendeu da investigação desenvolvida.

## PERCEÇÃO DAS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM IDENTIFICADAS

As dificuldades de aprendizagem relacionadas a habilidades cognitivo-linguísticas têm estreita relação com as concepções alternativas e, por este motivo, é interessante destacar o que assumimos neste trabalho à luz de referencial teórico. Carrascosa (2005) define concepções alternativas como ideias presentes nos indivíduos que os levam a manifestação de erros conceituais. Reconhecemos um erro conceitual por meio de suas características básicas tais como respostas sobre um conceito científico que divergem da interpretação aceita pela comunidade científica, que se repetem insistentemente apesar da contradição e, que ocorrem em diferentes grupos de pessoas e regiões (SILVA; NÚÑEZ, 2007).

Para conhecer as concepções alternativas podem ser utilizados vários instrumentos tais como a entrevista clínica, questionários, mapas conceituais dentre outros. No geral, “qualquer atividade problemática que leve o estudante a expressar e utilizar suas ideias” (CARRASCOSA, 2005, p.191) constitui num meio de detecção de concepções alternativas. Para o autor os questionários podem ser úteis em situações onde já se reconhece a existência de determinadas concepções alternativas (nossa categoria *a priori*) e se quer conhecer, por exemplo, a incidência destas em certo grupo.

Quanto às dificuldades de aprendizagem, Kempa (1991) sinaliza que:

Pode-se dizer que há uma dificuldade de aprendizagem em qualquer situação em que um estudante falha em compreender um conceito ou uma ideia como resultado de um ou mais dos seguintes fatores:

- a) a natureza do sistema de ideias/conhecimentos que os estudantes já possuem ou a inadequação de tais conhecimentos em relação ao conceito a ser adquirido;
- b) a demanda ou complexidade da tarefa de aprendizagem em termos do processamento da informação, comparada com a capacidade do estudante de lidar com informações;
- c) problemas de comunicação emergentes do uso da linguagem, como o uso de termos técnicos ou de termos gerais com significados especializados pela especificidade do contexto ou pela complexidade da estrutura ou da sintaxe da sentença utilizada pelo professor;
- d) uma incompatibilidade entre a abordagem educativa utilizada pelo professor e a forma de aprendizagem (estilo de aprendizagem) de preferência do estudante. (KEMPA, 1991, p.120, tradução nossa)

Assumimos que as concepções alternativas constituem em ideias que levam os estudantes a cometer erros conceituais e que, as dificuldades de aprendizagem podem obstaculizar a aprendizagem seja devido às concepções alternativas como apontado por Kempa relacionadas à natureza ou por outros problemas no processo educativo.

No instrumento utilizado neste estudo, procuramos identificar limitações apresentadas pelos futuros professores de química com relação ao conteúdo de estequiometria. Os resultados serão apresentados, a seguir, em termos dos objetivos para cada aspecto.

a) Compreender e aplicar a lei de conservação das massas

Para este tópico foram realizadas duas questões com três subitens, cujo ponto abordado era o reconhecimento por parte dos graduandos do conceito de conservação das massas em uma transformação química em duas situações distintas: uma reação de combustão em um sistema fechado (TORRE; SANCHEZ-JIMÉNEZ, 1992) e uma reação de oxidação em um sistema fechado, com maior grau de complexidade (LANDAU; LASTRES, 1996).

Com relação à reação de combustão, a concepção apresentada na literatura sinaliza que os estudantes podem assumir que, durante uma reação química ocorrerá à perda ou ganho de matéria (categoria *a priori*) ao considerarem apenas o aspecto fenomenológico a nível macroscópico. O conceito químico esperado/adequado para o fenômeno químico em questão é que ocorra a conservação da matéria durante a reação química. O quadro a seguir apresenta os dados obtidos em função do número de participantes para os dois grupos (G1 e G2) e os respectivos percentuais.

QUADRO 1 – Respostas relacionadas à questão 1 – Reação de combustão.

	nº de participantes (%)	
	G1	G 2
A matéria se conserva durante a combustão*	11 (73%)	27 (59%)
A matéria desaparece durante a reação	2 (13%)	9 (21%)
A matéria aparece durante a reação	1 (7%)	3 (6%)
Não respondeu	1 (7%)	6 (14%)

\* Conceito químico aceito.

Fonte: a pesquisa.

Esta questão abordava a aplicação da lei da conservação das massas sendo adaptada da pesquisa desenvolvida por Torre e Sánchez-Jiménez (1992) ao analisar em que medida os alunos do nível médio que sabem enunciar um conceito conseguem aplicá-lo adequadamente. Particularmente em nosso estudo, os participantes que são estudantes do ensino superior, foram capazes de enunciar e aplicar adequadamente a lei conforme os exemplos das falas a seguir:

*Aluno 4 (G1): Segundo a lei da conservação das massas de Lavoisier durante qualquer reação realizada em um sistema fechado a massa irá permanecer constante.*

Aluno 27 (G2): *Pois, como a reação ocorre em uma garrafa fechada não há perda nem ganho de massa.*

Com relação à reação de oxidação em um sistema fechado envolvendo como reagentes um gás e um sólido, com um grau maior de complexidade, a concepção *a priori* expressa na literatura revela que os estudantes podem apresentar inconsistência na aplicação da lei de conservação das massas. Isso porque a explicação química para a transformação implica em assumir que haja variação entre as massas dos reagentes. Quer dizer, segundo a lei, para que a massa de reagente (do sólido ou do gás) aumente é necessário que a massa do outro reagente (do gás ou do sólido) diminua. O quadro a seguir apresenta as respostas dos grupos.

QUADRO 2 – Respostas relacionadas a questão 2 – Reação de oxidação.

	n° de participantes (%)	
	G 1	G 2
Para que a massa de sólido e/ou ar aumente é necessário que a massa de sólido e/ou ar diminua *	11(73%)	16(35%)
Não há relação entre o aumento ou diminuição das massas dos reagentes (gás e sólido)	1(7%)	19(43%)
Para que haja conservação de matéria, as massas de sólido e de ar não podem mudar	3(20%)	4(14%)
Não respondeu	0 (0%)	6(8%)

\* Conceito químico aceito.

Fonte: a pesquisa.

Esta pergunta foi adaptada do estudo desenvolvido por Landau e Lastres (1996) no qual afirmam que estudantes podem apresentar incoerência ao aplicar a lei de conservação das massas. No nosso estudo, observamos que apesar dos participantes terem expressado adequadamente a reação de combustão, ao tentarem explicar uma reação de maior complexidade, não expressaram de forma coerente a lei de conservação das massas (G1 quase 1/3 e G2 mais da metade). Talvez a reação de combustão seja uma abordagem clássica para a lei de conservação das massas e, em outro contexto com mais variáveis (em termos de reagentes) pode ter gerado uma dificuldade para a aplicação da lei.

A ideia expressa por alguns participantes do G2 sobre o aparecimento/ desaparecimento de matéria também é observada com estudantes do nível médio como no estudo de Rosa e Schnetzler (1998) que apontam como causa desta concepção, o fato das propriedades do nível submicroscópico de descrição da matéria seriam iguais às observadas a nível macroscópico. Já no G1, observamos que, conforme avançam no nível

de ensino conseguem aplicar a lei, o que pode ser resultado de uma melhor compreensão do nível submicroscópico.

b) Representar uma reação química utilizando a linguagem química

Para este tópico foram realizadas duas perguntas cujo ponto abordado era o significado atribuído pelos participantes para a representação simbólica de uma reação química em termos estequiométricos. A categoria *a priori*, referia-se em expressar sem considerar os estados físicos e as relações estequiométricas. O quadro a seguir apresenta as respostas dos participantes dos dois grupos.

QUADRO 3 – Respostas relacionadas à questão da representação da reação química.

	nº de participantes (%)	
	G1	G2
Representação de uma reação química nas devidas proporções*	4(27%)	0 (0%)
São atribuídos os estados físicos	3(20%)	3(6%)
Apenas representam a equação química	8(53%)	25(55%)
Não respondeu	0(0%)	17(39%)

\* Conceito químico aceito.

Fonte: a pesquisa.

Esta questão se apoiou no trabalho desenvolvido por Garcia et al. (1990) sobre a ampliação do entendimento das informações de uma equação química com o avanço dos níveis de ensino. Os autores sinalizam que os estudantes “rompem” com a resposta “é uma reação química”, a ponto de mencionar informações mais significativas, tais como os estados físicos e os significados dos coeficientes estequiométricos.

No nosso estudo, mais da metade das respostas dos participantes do G2 eram restritas apenas a informar “é uma reação química” sem comentar os coeficientes estequiométricos. Enquanto que 1/3 dos participantes do G1 considerou os coeficientes estequiométricos em suas respostas. Ainda um número pequeno de estudantes que sinalizam a ampliação no entendimento dos significados envolvidos segundo Garcia et al. (1990).

Este resultado refletiu também na pergunta sobre a representação da equação química por meio de desenhos. Observamos que a categoria *a priori* expressa na literatura sinaliza que os estudantes ao tentar representar simbolicamente uma reação química, desconsideram as relações estequiométricas. Esta questão foi baseada no trabalho desenvolvido por Ballén (2009), em que relata dificuldade de escrever as estruturas nas

equações químicas de forma adequada. O quadro a seguir apresenta os resultados obtidos em nosso estudo:

QUADRO 4 – Respostas relacionadas a representação simbólica da reação química.

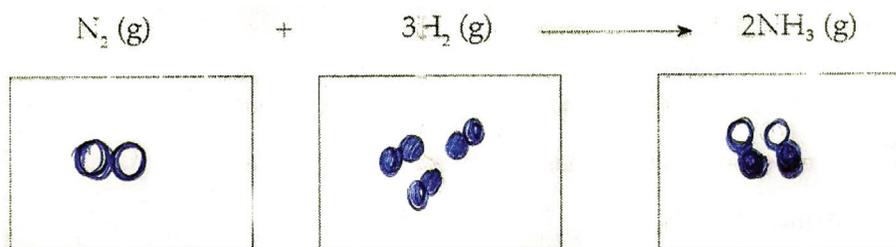
	n° de participantes (%)	
	G 1	G 2
Representação simbólica de uma reação química nas devidas proporções*	6(40%)	4(10%)
Representação simbólica desconsiderando as proporções	7(47%)	26(57%)
Representação simbólica inadequada para as espécies, mas considerando a proporção	1(7%)	4(8%)
Não respondeu	1(7%)	11(24%)

\* Conceito químico aceito.

Fonte: a pesquisa.

Os participantes do G2 apresentaram os mesmos resultados do estudo de Ballén com um número menor de representações coerentes. Já os participantes do G1, quase a metade representou de forma coerente. Um exemplo é apresentado a seguir:

FIGURA 1 – Representação da equação química (aluno 14/G2).



Fonte: a pesquisa.

Os resultados para o G2 vêm sinalizando que há certa dificuldade dos participantes em traduzir a equação química, independentemente da forma de expressão (simbólica ou textual). Pozo e Gómez-Crespo (2009) ressaltaram esta dificuldade visto que muitos estudantes podem entender a conservação da massa e da substância como problemas independentes, já que o nível submicroscópico carrega consigo as características observáveis da matéria. Por outro lado, percebe-se a superação dessa dificuldade ou ao melhor entendimento do nível submicroscópico ao longo com o avanço da instrução. Outro ponto interessante é o número expressivo de participantes que não representa os estados

físicos da matéria, sendo esta uma tradução do fenômeno químico. Além disso, algumas das representações pictóricas apresentavam átomos separados no lugar de moléculas, apontando para dificuldade de diferenciar átomos, moléculas e íons.

c) Compreender e aplicar o conceito de quantidade de matéria/mol

Para este tópico foram realizadas três perguntas cujos pontos abordados consistem em identificar se os participantes reconhecem o significado da unidade mol; compreendem o significado da quantidade de matéria e suas relações com a massa; reconhecem as relações entre a grandeza quantidade de matéria e o número de partículas (entidades químicas). A categoria *a priori* expressa na literatura para o significado da unidade mol sinaliza que os estudantes podem associar o termo a uma quantidade em massa ou de volume ou ao número de partículas. O quadro a seguir apresenta as respostas de ambos os grupos.

QUADRO 5 – Respostas relacionadas a reconhecer o significado da unidade mol.

	nº de participantes (%)	
	G 1	G 2
Associação com quantidade de matéria*	3(20%)	0(0%)
Associação com número de entidades químicas*	9(60%)	4(8%)
Associa a massa	0(0%)	5(10%)
Considera o mol como unidade de medida	0(0%)	8(18%)
Não respondeu	3(20%)	28(64%)

\* Conceito químico aceito.

Fonte: a pesquisa.

Esta questão foi adaptada da pesquisa de Garcia et al. (1990) no qual afirmam que os estudantes podem associar a unidade mol a um número de entidades químicas sem especificar qual entidade. Assim, no nosso estudo, observamos divergências entre os grupos de participantes nas respostas para esta questão. Enquanto a maioria dos estudantes do G1 expressou de forma coerente com o significado da unidade mol, a maior parte do G2 não respondeu ou não estabeleceu relação alguma. Apenas alguns relacionaram como unidade da grandeza quantidade de matéria e não como um número de partículas. A expressão do mol como um número de espécies químicas apesar de ser uma resposta correta cientificamente, não é a forma mais adequada de expressar essa unidade.

Com relação ao item significado da quantidade de matéria e sua relação com a massa, a categoria *a priori* expressa na literatura revela que os estudantes podem associar quantidade de partículas com a massa. Para a situação apresentada à explicação química é que o número de partículas depende da relação entre a massa atômica/molecular e o número de Avogadro. O quadro a seguir apresenta os resultados:

QUADRO 5 – Respostas para o significado da quantidade de matéria e sua relação com a massa.

	n° de participantes (%)	
	G 1	G 2
O número de partículas depende da relação entre a massa atômica/molecular e o número de Avogadro*	4(27%)	6(14%)
A quantidade de partículas é diretamente proporcional a massa	9(60%)	15(35%)
Atribui outra grandeza	2(13%)	0(0%)
Não respondeu	0(0%)	24(53%)

\* Conceito químico.

Fonte: a pesquisa.

Esta questão também adaptada do trabalho de Garcia et al. (1990) no qual observaram que quanto maior era o grau de instrução do estudante, maior era a porcentagem de acertos, a ponto de no nível universitário apresentaram quase todas as respostas corretas. Os autores atribuem isso ao desenvolvimento da operacionalização das relações entre massa molar e quantidade de matéria.

As respostas aqui obtidas não demonstraram essa evolução na compreensão do conceito de quantidade de matéria quando observamos o G1, que era formado por alunos em etapa mais avançada do curso superior. Ademais, um número expressivo de estudantes do G2 não respondeu e, a maior parte dos dois grupos relacionou a quantidade de partículas do sistema à massa, conforme os exemplos das falas a seguir:

Aluno 8 (G1) – *O resultado será igual, pois a massa é a mesma.*

Aluno 13 (G2) *Será igual, pois ambos possuem a mesma quantidade (1 grama)*

Com relação ao item relações atribuídas entre a grandeza quantidade de matéria e o número de partículas, o objetivo era conhecer com que grandeza os participantes associam a quantidade de matéria. Esse era também um dos objetivos de uma investigação desenvolvida por Furió et al. (1993) onde identificaram a presença de uma visão globalista entre alunos de diferentes níveis. Relatam que estudantes de níveis educacionais mais básicos tendem a associar a quantidade de matéria à massa, enquanto que estudantes de graus mais avançados passam a associar essa grandeza ao volume (categoria *a priori*). No quadro a seguir são apresentados os resultados para este item:

QUADRO 6 – Respostas para as relações atribuídas à grandeza quantidade de matéria.

	n° de participantes (%)	
	G 1	G 2
A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao número de partículas (entidades químicas)*	5(33%)	6(14%)
A quantidade de matéria é diretamente proporcional a massa	6(40%)	16(35%)
A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao volume	0(0%)	5(12%)
A quantidade de matéria é diretamente proporcional ao tamanho das partículas	0(0%)	2(4%)
Não respondeu	4 (27%)	16(35%)

\* Conceito químico aceito.

Fonte: a pesquisa.

Nesta questão 1/3 dos participantes do G1 relacionou corretamente a quantidade de matéria e o número de entidades químicas. Mas, 40% mantêm a mesma concepção que estudantes do nível médio (segundo nossa categoria *a priori*), quer dizer, associam quantidade de matéria à massa da substância. Já com relação ao G2, o percentual que estabelece a relação adequada é ainda menor e, com um número expressivo de participantes que relacionam seja com massa ou volume. Talvez porque, apesar do nível de ensino, podem memorizar ou internalizar os procedimentos sem compreenderem o significado de quantidade de matéria. Observamos que, para este último tópico (compreender e aplicar o conceito de quantidade de matéria/mol), muitos participantes do G2 não respondem a nenhuma das questões, apesar de terem tido contato com o conceito de estequiometria no ensino médio.

Nesse sentido, Pozo e Gómez-Crespo (2009) mencionam que uma das dificuldades na aprendizagem de química é a compreensão e utilização da quantidade de matéria e sua unidade, o mol. Ao contrário das dificuldades abordadas sobre compreender e aplicar a lei de conservação das massas e representar uma reação química utilizando a linguagem química, cuja literatura aponta como sendo provenientes de uma concepção alternativa. As causas para essa dificuldade são variadas e envolvem alguns dos outros pontos citados por Kempa (1991), tais como: a complexidade da definição da grandeza e da sua unidade (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009); a natureza do próprio termo ‘quantidade de matéria’ que remete aos estudantes a uma quantidade que associam à massa ou ao volume do material (ROCHA-FILHO, 1988; FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999); a fragilidades na abordagem desses conceitos por parte dos professores e dos livros didáticos (FURIÓ; AZCONA; GUIASOLA, 1999; ROGADO, 2005).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fazer a revisão de literatura alguns pontos são bem destacáveis, como o grande número de trabalhos que apontam para a extrapolação dos alunos das características observáveis da matéria para o nível de interpretação microscópico, o que é inferido a partir dos estudos que abordam as dificuldades dos estudantes com a conservação da matéria e com a transição entre os seus níveis de representação e a dificuldade em compreender a quantidade de matéria e sua unidade, o mol.

Estes resultados também foram observados em nosso estudo. Apesar da literatura sinalizar que as dificuldades são observadas desde o nível médio, percebemos que, ao longo do tempo (no próprio ensino superior), os alunos desenvolvem a compreensão da lei de conservação das massas de forma macroscópica. Por outro lado, têm dificuldades em lidar com a ideia de conservação da massa. Não demonstram compreensão da relação entre os fenômenos nos materiais da forma como são percebidos macroscopicamente e a maneira como se comportam as partículas (entidades químicas) que compõem esses materiais. O que dificulta a atribuição de significado aos termos de uma equação química e a compreensão do conceito de quantidade de matéria.

Entre as principais dificuldades de aprendizagem dos futuros professores (participantes do nosso estudo), podemos sinalizar a dificuldade de relacionar o nível simbólico com o nível submicroscópico e, este último com o nível macroscópico e a dificuldade de compreender adequadamente o conceito de quantidade de matéria, confundindo essa grandeza com outras como a massa molar ou o volume. Estas, por sua vez, estão em acordo com o referencial teórico levantado. O estudo nos sinaliza para a necessidade de dar maior atenção para estes conceitos químicos a fim de evitar sua mecanização apenas em exercícios e operações matemáticas.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, B. Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16), *Studies in Science Education*, v.18, p.53-85, 1990.
- ARASASINGHAM, R. D. et al. Using knowledge space theory to assess student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, v.81, n.10, p.1517-1524, 2004.
- BALLÉN, A. B. Identificación y superación de errores conceptuales en la enseñanza y aprendizaje del concepto estructurante estequiometria. Bogotá: ACODESI, 2009.
- BRASIL, *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2000.
- BRASIL, *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2006.
- BOUJAOUDE, S.; BARAKAT, H. Students' problem solving strategies in stoichiometry and their relationships to conceptual understanding and learning approaches. *Electronic Journal of Science Education*, v.7, n.3, p.1-42. 2003.

CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v.2, n.2, p.183-208, 2005.

CHANDRASEGARAN, A. L.; TREAGUST, D.F.; WALDRIP, B.G.; CHANDRASEGARAN, A. Students' dilemmas in reaction stoichiometry problem solving: deducing the limiting reagent in chemical reactions. *Chemical Education Research and Practice*, v.10, p.14-23, 2009.

DE JONG, O.; TABER, K. Teaching and learning the many faces of chemistry. *Handbook of Research on Science Education*, p.631-652, 2007.

DRIVER, R. Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations. In: *Children's ideas in science*, Filadelfia: Open University Press, 1985.

DUNCAN, I. M.; JOHNSTONE, A. H. The mole concept. *Education in Chemistry*, v.10, n.6, p.213-214. 1973.

FURIÓ, C. et al. Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud "olvidada" en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, v.11, n.2, p.107-114, 1993.

FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p 359-376, 1999.

GABEL, D; SHERWOOD, R. D. Analyzing difficulties with mole-concept tasks by using familiar analog tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, v.21, p.843-851. 1984.

GARCIA, J. P.; PIZARRO, A.; PERERA, F.; MARTÍN, M.; BACAS, P. Ideas de los alumnos acerca del mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.2, p.111-119. 1990.

HINTON, M.; NAKHLEH, M. Students' microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions. *Chemical Educator*, v.4, n.5, p.158-167, 1999.

HUDDLE, P. A.; PILLAY, A. E. An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching*, v.33, n.1, p.65-77, 1996.

KEMPA, R. Students learning difficulties in science: causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, v.9, n.2, p.119-128, 1991.

LANDAU, L.; LASTRES, L. Cambios químicos y conservación de la masa ¿Esta todo claro? *Enseñanza de las Ciencias*, v.14, n.2, p.171-174, 1996.

LEÓN, I. N. et al. *Metodología de la investigación educacional: segunda parte*. La Habana: Pueblo y educación, 2001.

LLORENS, J. A. La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la escuela*, v.4, p.33- 48, 1988.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, v.9, n.2, p.191-210, 2003

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, v.12, n.1, p.117-128, 2006.

PADILLA, K.; FURIÓ, C.; AZCONA, R. Las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de materia. *Enseñanza de las*

*Ciencias*, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2005.

POZO, J. I.; GOMÉZ-CRESPO, M. A. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TORRE, A.; SÁNCHEZ-JIMÉNEZ, J. M. La masa no se crea ni se destruye. ¿Estais seguros? *Enseñanza de las Ciencias*, v.10, n.2, p.165-171. 1992.

ROGADO, J. Ensino e aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: a importância da história da ciência para sua compreensão. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2005.

ROCHA-FILHO, R. C. Sobre o mol e seus afins: uma proposta alternativa. *Química Nova*, v.11, n.4, p.419-429, 1988.

ROSA, M.; SCHNETZLER, R. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*. n.8, 1998.

SANTOS, L.C. *Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UFRN. Natal, 2013.

SANTOS, L. C.; SILVA, M. G. L. O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, 2013.

SAVOY, L.G. Balancing chemical equations, *School Science Review*, v.69, n.249, p.713-720, 1988.

SCHMIDT, H. J. Secondary school students' strategies in stoichiometry. *International Journal of Science Education*, v.12, n.4, p.457-471, 1990.

SILVA, M. G. L.; NÚÑEZ, I. Identificando concepções alternativas dos estudantes. In: *Instrumentação para o ensino de química II*. EDUFRN, 2007.

STAVER, J. R.; LUMPE, A. T. Two Investigations of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, v.32, n.2, p.177-193, 1995.

TÓTH Z.; SEBESTYÉN A. Relationship between students' knowledge structure and problem-solving strategy in stoichiometric problems based on chemical equation, *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, v.1, n 1, p.8-20, 2009.

VERONE, K.; PIAZZA, M. Estudo sobre dificuldades de alunos do ensino médio com estequiometria. *Atas do VII ENPEC...* Florianópolis, p.1-10, 2007.

## ANEXO – PROVA PEDAGÓGICA

### Tópico 1 – Aplicação da lei de conservação das massas

1 – Em uma garrafa, como a da figura ao lado, colocada sobre uma balança, é introduzido um papel de 20 gramas pegando fogo e fechando-a imediatamente. Uma vez fechada, a balança marca 520 gramas. Quando o papel se queimar totalmente a balança marcará:

- a) menos de 500 gramas
- b) exatos 500 gramas
- c) entre 500 e 520 gramas
- d) exatos 520 gramas
- e) mais de 520 gramas
- f) não sei

Justifique sua resposta:



OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Torre e Sánchez-Jiménez (1992).

2 – Coloca-se, em um frasco cheio de ar, um pedaço de ferro de massa conhecida. Fecha-se hermeticamente e aguarda durante três semanas. Ao final deste período, o pedaço de ferro apresenta manchas mostrando que o metal enferrujou. Comparando a massa do sólido ao final com sua massa inicial, esta será:

- a) a mesma.
- b) maior.
- c) menor.

Justifique sua resposta:

OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Landau e Lastres (1996).

3 – Com relação à situação anterior, a massa de ar ao final da experiência com respeito à massa inicial será:

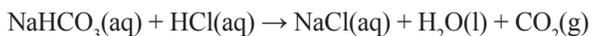
- a) a mesma.
- b) maior.
- c) menor.

Justifique sua resposta:

OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Landau e Lastres (1996).

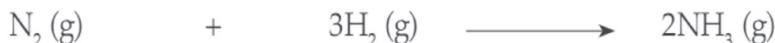
## Tópico 2 – Tradução da representação química

1 – O que significa para você a seguinte expressão química?



OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Garcia et al. (1990).

2 – Suponha que uma esfera negra representa um átomo de hidrogênio e uma esfera branca um átomo de nitrogênio. Com esta informação represente como você considera que acontece a reação química abaixo:



OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Ballén (2009).

## Tópico 3 – Aplicação do conceito de quantidade de matéria

1 – Que relação existe entre 1 mol de água e 1 mol de ferro?

OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Garcia et al. (1990).

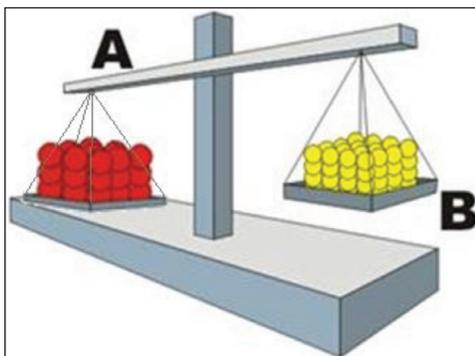
2 – Ao comparar o número de átomos existente em 1g de carbono e os existentes em 1g de sódio, qual será o resultado (igual, maior ou menor)? (Dados das massas atômicas: carbono = 12u, sódio = 23u).

OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Garcia et al. (1990).

3 – No desenho a seguir, têm-se nos pratos da balança pequenos pedaços de diferentes substâncias e seus correspondentes átomos. Comparando a quantidade de substância existente nos dois pratos temos que:

- a) a quantidade de substância é maior em A.
- b) a quantidade de substância é maior em B.
- c) a quantidade de substância é igual nos dois lados.
- d) não sei.

Justifique sua resposta:



OBS.: item traduzido e adaptado do estudo desenvolvido por Furió et al. (1999).