

Aprendizagem dos Conceitos de Ácidos e Bases em um Estudo Sobre a Linguagem

Geruza S. Nascimento e Bruno F. dos Santos

Este trabalho apresenta uma pesquisa de intervenção realizada junto a estudantes do segundo ano do Ensino Médio. A intervenção envolveu a realização de uma titulação ácido-base e a aplicação de um questionário sobre conceitos de ácidos, bases e neutralização, por meio do qual analisamos o uso da linguagem científica nas respostas dos estudantes. Foi observado um aumento nas respostas dos alunos com definições conceituais mais apropriadas à linguagem científica após a realização do experimento, e um abandono da linguagem mais coloquial, e próxima do nível fenomenológico dos conceitos questionados. Considerando-se as dificuldades e problemas no ensino e na aprendizagem do conteúdo de ácidos e bases na Química, sugerimos que o exercício da escrita como comunicação do conhecimento pode auxiliar e contribuir para a aquisição destes conceitos pelos estudantes.

► escrita, ácidos e bases, linguagem ◀

Recebido em 27/02/2018, aceito em 30/06/2018

179

Aprender Química significa também aprender a linguagem dessa ciência. O reconhecimento do papel da linguagem e do discurso para o ensino e a aprendizagem das ciências redirecionou a agenda da pesquisa em educação científica há pelo menos três décadas. Contribuições de diferentes orientações teóricas das ciências humanas e sociais foram então incorporadas à pesquisa em educação e empregadas na caracterização e elucidação das relações entre a linguagem e a aprendizagem. Deve-se observar, entretanto, que a concepção de linguagem na investigação em educação não se restringe à nomenclatura e aos símbolos utilizados na representação das entidades e dos processos típicos de uma ciência como a Química: ela também envolve as formas peculiares de comunicação do conhecimento científico, como o uso de grupos nominais e o emprego da metáfora gramatical (Halliday e Matthiessen, 2014), e a que se desenvolve entre professores e aprendizes nos contextos educacionais.

A Química é, por excelência, a ciência do abstrato. Porém, quando apenas essa dimensão é apresentada aos

estudantes, na escola, ela parecerá distante da realidade e pouco ou nada atrativa:

Muito frequentemente, o modo como a química é apresentada aos alunos os afasta dessa matéria por toda a vida: eles se deparam com conceitos abstratos e difíceis, às vezes em sua primeira aula (átomos, moléculas, estrutura eletrônica). (...) Eles usam produtos químicos com nomes desconhecidos, que são impossíveis de soletrar; eles são bombardeados com uma nova linguagem; e eles se deparam com símbolos e uma terminologia misteriosa (Childs et al., 2015, p. 34).

Tornar familiar aos estudantes essa linguagem até então desconhecida é um dos desafios dos professores de Química. Acrescente-se a isso que a linguagem cotidiana, por sua vez, se diferencia em muitos aspectos da linguagem científica. Segundo Mortimer (2010), “o valor pragmático da linguagem cotidiana preserva significados que estão em desacordo com a visão científica” (p. 183).

A expressão do conhecimento científico sob a forma escrita, ao privilegiar a linguagem técnica, parece distanciá-lo ainda mais de sua forma oral, mais livre e criativa e menos

A seção “Ensino de Química em Foco” inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.

rígida do que a forma escrita (Wright, 2008). Talvez esse seja um dos motivos que faz com que os estudantes tenham dificuldade em expressar seus conhecimentos sob a forma escrita. No entanto, escrever é uma prática escolar central para o processo de ensino e aprendizagem, além de constituir a forma mais utilizada para acessar o que os estudantes dominam a respeito de determinado conteúdo.

A investigação sobre a apropriação pelos estudantes da linguagem científica nas situações de ensino se baseia em diferentes marcos teórico-conceituais e metodológicos, como as noções de dialogismo em Bakhtin e de perfil conceitual (Mortimer, 2010). Lemke (1990) considera que a linguagem é fundamental para o estudo da aprendizagem, pois ela constitui um fenômeno externo e observável. Baseamo-nos, em nosso estudo, na perspectiva da Linguística Sistêmica Funcional de Halliday, a qual será objeto de discussão na próxima sessão do presente artigo.

Este artigo apresenta uma pesquisa realizada com estudantes do segundo ano do Ensino Médio de escolas públicas no interior da Bahia, e discute a aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases por meio da produção escrita ancorada em uma atividade experimental. Por meio dessa pesquisa, objetivamos investigar como a aprendizagem dos estudantes em torno dos conceitos de ácidos e bases se manifesta na linguagem em sua forma escrita. A realização de uma titulação ácido-base pelos alunos e as interações conduzidas durante o procedimento serviram de contexto a partir do qual elaboramos o instrumento para acessar a linguagem escrita dos estudantes a respeito da definição daqueles conceitos.

Linguagem e Aprendizagem em Química

De acordo com Halliday (1993), o processo de aprendizagem coincide com o processo de aquisição da linguagem. Segundo esse autor, a característica mais marcante da aprendizagem humana é que esta é um processo semiótico, sendo a linguagem a forma prototípica deste processo. Halliday argumenta que a linguagem escrita e a educação escolar introduzem, desde muito cedo, novas formas de conhecimento no universo cognitivo das crianças, diferentes daquelas aprendidas fora da escola, caracterizadas pelo senso comum. Sua teoria, conhecida como Linguística Sistêmica Funcional (LSF), estabelece um conjunto de etapas para o desenvolvimento semiótico humano, o qual atinge seu último estágio ao redor da *metáfora gramatical*, a qual seria a chave para ingressar na educação secundária e permitir o acesso às formas de conhecimento científico-disciplinar e técnico característicos desse nível da educação escolar (Halliday, 1993). A noção de metáfora gramatical, por sua vez, provém dos estudos da LSF sobre a linguagem das ciências, cuja peculiaridade é abordada e discutida por Mortimer (2010). A metáfora gramatical é um recurso linguístico desenvolvido

pelos cientistas que nominaliza os processos observados nos fenômenos científicos, condensando o significado do processo em um nome.

Se aprender ciências significa também aprender a linguagem das ciências, a Química em particular adiciona alguns desafios ao domínio de sua linguagem pelos aprendizes: seu conhecimento corresponde a três níveis ou dimensões diferentes relacionados entre si. Mortimer e Machado (2000) argumentam que “do ponto de vista didático, é útil distinguir três aspectos do conhecimento químico: fenomenológico, teórico e representacional” (p. 276).

O nível fenomenológico consiste nas propriedades empíricas dos materiais e substâncias que são percebidas tanto nos laboratórios como na vida cotidiana. O nível teórico, por sua vez, consiste na modelização com a qual os químicos constroem as explicações causais para os fenômenos que eles buscam compreender conceitualmente. Esses modelos envolvem entidades como átomos, moléculas e íons e, por isso, esse nível também é conhecido como *submicroscópico* (Johnstone, 2000). O nível representacional corresponde ao uso de símbolos e signos que representam as entidades supracitadas e seus estados ou configurações; também inclui o uso de uma ampla modalidade de linguagem matemática e geométrica, associadas aos símbolos e signos.

Por todas as características apresentadas, Wartha e Rezende (2015) argumentam que “(...) aprender Química é aprender uma nova linguagem, associada a uma nova forma de pensar o mundo” (p. 50). A linguagem química, portanto, inclui distintos níveis de referencialidade ao conhecimento e constitui uma construção semiótica

de alta densidade conceitual. Além disso, esta linguagem é multimodal, uma vez que inclui distintos elementos além da linguagem verbal (Mortimer, 2010). Essas características particulares da linguagem química podem “embaralhar” o raciocínio dos aprendizes que são introduzidos nesta disciplina, pois os professores normalmente transitam entre os diferentes níveis na maioria das vezes sem distingui-los entre si. Isso pode gerar incompreensões e dificuldades, quando não o rechaço pelos estudantes, por se tratar de um conhecimento abstrato e parecer, de certo modo, insondável e intangível.

O Ensino e a Aprendizagem de Ácidos e Bases

Ácidos e bases constituem um dos conteúdos fundamentais do currículo de Química como disciplina no Ensino Médio. Ao mesmo tempo, eles estão presentes na vida cotidiana e são importantes para a indústria e para as atividades biológicas. Sua centralidade e importância na Química não os isentam de problemas e dificuldades para o ensino e a aprendizagem (Furió-Más *et al.*, 2007). Esse conteúdo, por exemplo, normalmente é apresentado por meio de uma visão cumulativa e linear do conhecimento químico, a qual ignora

Halliday argumenta que a linguagem escrita e a educação escolar introduzem, desde muito cedo, novas formas de conhecimento no universo cognitivo das crianças, diferentes daquelas aprendidas fora da escola, caracterizadas pelo senso comum.

as crises e rupturas presentes na história da ciência. Furió-Más *et al.* (2007) argumentam que os estudantes normalmente confundem a substância ácida com a partícula ou molécula, embaralhando os níveis macro e submicro, e também que compreendem a teoria de Brønsted-Lowry como uma versão ampliada da teoria de Arrhenius. Problemas conceituais envolvendo reações entre ácidos e bases também foram identificados na literatura, pois muitos estudantes consideram que o produto dessas reações são sempre soluções neutras, independentemente da natureza e da quantidade de ácidos e bases que reagem entre si (Paik, 2015). As dificuldades conceituais, entretanto, não são somente localizadas entre estudantes e professores, mas também nos livros didáticos (Souza e Aricó, 2017; Furió-Más *et al.*, 2005).

Os problemas de ensino e aprendizagem sobre ácidos e bases têm origem na densidade conceitual desse conteúdo que, segundo Sheppard (2006), necessita uma compreensão integrada de diferentes aspectos da Química Geral, a qual envolve a natureza corpuscular da matéria, estrutura atômica, ionização, ligações químicas, entre outros. As concepções alternativas sobre esses conceitos que os estudantes adquirem no Ensino Médio podem, como consequência, dificultar a aprendizagem da Química no Ensino Superior (Pastre *et al.*, 2012; Bertotti, 2011). Silva *et al.* (2008) sustentam que tais concepções alternativas permanecem mesmo após os graduandos estudarem Química Geral, destacando entre as dificuldades observadas entre eles a relativa à definição conceitual dos termos envolvendo estes conteúdos.

Dada a centralidade e importância desse conteúdo para o ensino e a aprendizagem de Química, se verifica na literatura brasileira e internacional uma grande quantidade de artigos abordando tanto a compreensão conceitual e os problemas associados, como propostas alternativas para o seu ensino que minimizem as dificuldades conceituais já identificadas. Como não é nosso objetivo uma descrição exaustiva deste levantamento, sugerimos a leitura de trabalhos como os de Silva e Amaral (2014; 2016) para o leitor que deseje se aprofundar a respeito de inúmeras contribuições para essa temática no ensino de Química, bem como os demais trabalhos citados nesta sessão deste artigo.

Linguagem e Experimentação no Ensino de Química

De acordo com Silva *et al.* (2010), a experimentação no ensino seria uma atividade que articula os fenômenos com as teorias, e na qual a aprendizagem se origina na relação entre o fazer e o pensar:

Quando os alunos realizam uma atividade experimental e observam determinados fenômenos, geralmente solicita-se que os expliquem. A explicação

de um fenômeno utilizando-se de uma teoria é o que denominamos de relação teoria-experimento, ou seja, é a relação entre o fazer e o pensar (Silva *et al.*, 2010, p. 236).

Entretanto, segundo esses mesmos autores, nem toda atividade desenvolvida em laboratório no ensino de ciências é capaz de estabelecer a relação entre a teoria e o mundo concreto, pois existem diversos obstáculos no uso da experimentação, como a crença, amplamente difundida, de que a experimentação evidencia de um modo concreto como as teorias funcionam.

Silva *et al.* (2010) sugerem que uma atividade experimental em uma aula de Química deve envolver os três níveis do conhecimento químico, ou seja, “a observação macroscópica, a interpretação microscópica e a expressão representacional” (p. 247). Desse modo, abre-se espaço na experimentação para as questões vinculadas à linguagem científica e sua apropriação pelos estudantes: os estudantes são solicitados a explicar o fenômeno observado por meio de suas próprias concepções, que normalmente diferem do conhecimento científico. Além disso, eles também são levados a registrar por escrito a descrição do fenômeno observado, utilizando para tal todo o conjunto de ferramentas multimodais (símbolos, signos, linguagem matemática e estatística) necessárias para expressar na linguagem da Química a atividade e seus resultados.

O processo de interação entre professores, estudantes e artefatos no laboratório também permite pensar nas relações entre a linguagem, a experimentação e a aprendizagem, sob um ponto de vista da cognição situada e do socioconstrutivismo. De acordo

com essas perspectivas, a linguagem constitui um instrumento mediador entre os objetos manipulados e a construção de conhecimento conceitual pelos aprendizes no ambiente do laboratório (Nakhleh *et al.*, 2002; Lunetta *et al.*, 2008).

No entanto, apesar das considerações apresentadas sobre as imbricações entre a linguagem e a experimentação no ensino de Química, ainda há pouca pesquisa a respeito das aulas experimentais (Nakhleh *et al.*, 2002). O laboratório como espaço de interação em pesquisas sobre o discurso e a linguagem no Brasil, por exemplo, aparece somente com 4% do total de trabalhos encontrados em um levantamento prévio (Souza *et al.*, 2014). Buscando contribuir para preencher tal lacuna, a pesquisa que apresentamos teve como contexto um experimento de titulação ácido-base, sobre o qual os estudantes responderam a um questionário, que será descrito nas próximas sessões desse artigo.

Métodos da Pesquisa

O campo empírico desta pesquisa foi desenvolvido sob

a forma de uma intervenção em quatro escolas públicas urbanas do interior da Bahia, e envolveu um total de 69 estudantes do segundo ano do Ensino Médio regular do turno diurno durante o segundo semestre do ano de 2016. Das quatro escolas em que a intervenção pedagógica foi realizada, apenas uma não possuía laboratório de ciências, e nesta utilizamos o espaço do laboratório de informática. Nas demais escolas, os laboratórios possuíam apenas bancadas e cadeiras, e todo o material empregado no experimento foi cedido às escolas pelos pesquisadores. O acesso às escolas foi negociado com os professores e, após a permissão de nossa entrada, foram agendados os horários para a realização do experimento em cada escola. Os estudantes, por sua vez, foram convocados pelos próprios professores a comparecerem no turno oposto ao das aulas regulares, e sua participação na intervenção foi voluntária. Vale ressaltar que essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética de nossa universidade previamente a sua realização.

Depois de nossa apresentação, os alunos foram solicitados a responder a um questionário sobre seus conhecimentos acerca dos conceitos (e teorias) referentes à titulação e aos ácidos e bases. Em seguida, foi realizada uma breve apresentação sobre titulação ácido-base, já que os professores de três das quatro escolas onde a intervenção foi realizada informaram que tal conteúdo nunca havia sido abordado em sala de aula, e os alunos necessitariam de noções mínimas para realizar a titulação. Essa informação dos professores acabou por mudar um pouco o nosso planejamento inicial, já que acreditávamos que, por serem estudantes do segundo ano do Ensino Médio, eles já estavam familiarizados com as definições de ácidos e bases. É importante salientar que não foram mencionados conceitos sobre teorias ácido-base, mas apenas os procedimentos básicos para a realização de uma titulação. Após realizarem a titulação, os alunos responderam novamente ao mesmo questionário distribuído no início da intervenção. A intervenção resultou, em cada escola, em uma atividade desenvolvida em aproximadamente quatro horas com os alunos.

As substâncias utilizadas na titulação foram: solução de ácido clorídrico 0,1 M, solução de hidróxido de sódio 0,1 M, solução de fenolftaleína e papel indicador universal, além das vidrarias necessárias à titulação (bureta, béquer, pipeta, proveta graduada, frasco conta-gotas).

Por meio dos questionários respondidos, antes e após a titulação, analisamos as respostas dos alunos por meio de duas análises: uma baseada nas características linguísticas das respostas e uma análise do conteúdo, que permitiu investigar a definição dos conceitos de ácidos e bases. As respostas anteriores e posteriores à experimentação foram então comparadas, com o intuito de observar a

apropriação da linguagem científica referentes aos conceitos investigados.

Análise dos Dados e sua Discussão

A Orientação sobre Titulação Ácido-Base

Antes da realização do experimento, os estudantes foram orientados sobre a técnica da titulação por meio de uma apresentação em *PowerPoint*, a qual incluiu alguns conceitos fundamentais sobre o método (definição, materiais empregados, classificação, caracterização da volumetria de neutralização, uso de indicadores, cálculos de concentração e escala de pH). Durante a apresentação foi empregada a linguagem descontextualizada da Química (“a volumetria de neutralização envolve a reação entre uma solução de um ácido com uma solução de uma base com a produção de sal e água”; “um indicador é uma substância que muda de cor em uma faixa conhecida de pH”). Somente na ilustração da escala de pH foram mostrados materiais de uso cotidiano (“vinho, tomate, refrigerantes”) ao lado de substâncias químicas como o bicarbonato de sódio e hidróxido de sódio. A apresentação também incluiu a linguagem simbólica da Química, como a equação que representa a neutralização, $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$.

Após a apresentação, muitos alunos conversaram entre si comentando seus acertos e erros nas respostas ao questionário, de acordo com seus pontos de vista.

As Características Linguísticas

Para essa análise, empregamos o conceito de densidade informativa, o qual se refere à quantidade de informação contida em determinado texto (Putra e Tang, 2018). A densidade informativa reflete a densidade lexical, a qual pode ser avaliada por duas formas: (1) pelo cálculo da quantidade de itens lexicais por período simples; (2) pelo cálculo percentual das palavras de conteúdo em relação ao total de palavras apresentadas no texto. As palavras de conteúdo incluem os nomes, os verbos principais, os adjetivos e alguns advérbios; as de não conteúdo incluem as conjunções, proposições, verbos auxiliares, artigos, pronomes e alguns advérbios. Um exemplo dessa análise é mostrado a seguir, por meio de uma resposta selecionada:

É o processo feito utilizando um ácido e uma base para determinar a concentração de uma solução denominada solução-problema. A solução que conhecemos a concentração é denominada solução-padrão.

Nesse extrato há um total de 29 palavras, das quais 14 são palavras de conteúdo, em dois períodos simples. Isso

representa uma densidade léxica de 7 palavras de conteúdo por período simples, ou 48,3% de palavras de conteúdo. De acordo com Halliday e Matthiessen (2014), a forma escrita é mais complexa em termos de densidade léxica do que a forma oral da linguagem, e o grupo nominal é o principal recurso utilizado para elevar a densidade lexical. Um aumento da densidade léxica representa, em nossa análise, um afastamento da linguagem cotidiana em direção à linguagem científica em sua forma escrita. A Tabela 1 sumariza o resultado dessa análise para o conjunto de respostas apresentadas pelos alunos. Deve-se ressaltar que consideramos apenas as respostas que representavam períodos simples para a contabilidade das palavras de conteúdo.

Tabela 1: Análise da densidade lexical e da presença de palavras de conteúdos nos períodos simples

Descrição	Antes	Depois
Total de períodos simples	168	293
Palavras de conteúdo por período	4,5	5,9
Total de palavras de conteúdo (%)	47,1	60,3

Observa-se um aumento na quantidade de períodos simples, diminuindo a quantidade de respostas curtas ou mesmo em branco. Isso se relaciona também ao resultado da quantidade de palavras de conteúdo por período e em percentual, o que sinaliza para uma linguagem mais próxima à linguagem científica, embora esse aumento não tenha sido muito significativo.

A Análise do Conteúdo

Apresentamos a seguir os resultados por pergunta do questionário aplicado aos estudantes. As categorias de análise foram construídas com base nas respostas obtidas.

1ª Questão: Você já ouviu falar em titulação? Sim ou não?

Dos 69 alunos que participaram da atividade, inicialmente 21 alunos responderam que já haviam escutado este termo,

34 afirmaram nunca ter ouvido falar em titulação e 14 não responderam.

2ª Questão: Procure definir em suas próprias palavras o que significa uma titulação.

Com base nas respostas obtidas, desenvolvemos um conjunto de categorias que representassem as definições dos alunos. Essas foram *Relacional* (quando suas respostas indicavam que uma titulação relaciona ácidos e bases), *Operacional* (quando definiam titulação somente como uma técnica ou procedimento), *Quantitativo* (quando responderam que a titulação serve para determinar concentrações) e *Classificação* (quando responderam que a titulação serve para identificar o caráter das substâncias). A Figura 1 apresenta os resultados para essa questão, antes e após a realização do experimento. Observa-se que uma grande quantidade de alunos não responde ou não apresenta uma definição coerente para titulação, conforme se poderia esperar com base nas respostas (ou na ausência delas) à primeira pergunta do questionário.

Também se pode notar que uma quantidade substancial de alunos adquiriu um entendimento sobre titulação após a realização do experimento, apresentando respostas que se encaixaram nas categorias Operacional e Quantitativo, como as exemplificadas a seguir:

Aluno 1: Processo que determina a concentração de uma solução.

Aluno 2: Processo que determina a concentração de uma mistura.

Aluno 3: Processo que determina a concentração desconhecida e a classifica em ácida, básica ou neutra.

Também foi possível constatar que esse entendimento adquirido apresenta uma confusão sobre a finalidade de uma titulação, visto que, como na resposta do Aluno 3, alguns a compreendem como um procedimento para classificar substâncias como ácidas, básicas ou neutras. A titulação é uma técnica analítica utilizada para a determinação de concentrações

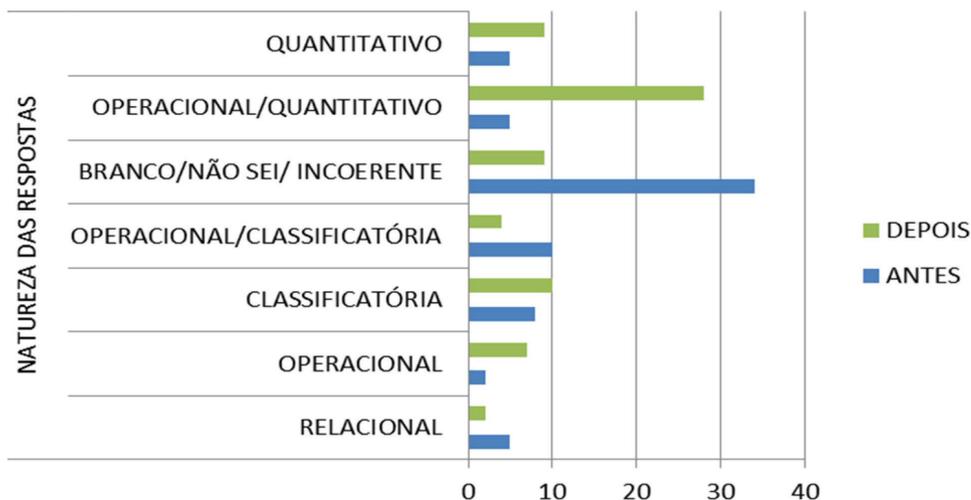


Figura 1: Gráfico de barras com as categorias de análise das respostas obtidas para a Questão 2.

de espécies químicas. Jiménez-Liso e De Manuel Torres (2002) e Sheppard (2006) realizaram estudos com os quais concluíram que o uso dessa técnica pode contribuir para o ensino de ácidos e bases, embora alguns cuidados quanto à inserção dos conceitos relacionados devem ser tomados, principalmente o conceito de pH: “é provável que os alunos tenham dificuldade em entender o que está acontecendo com os valores de pH durante uma titulação” (Sheppard, 2006, p. 33). Romine *et al.* (2016) sugerem que “instruções introdutórias da química precisam dedicar mais tempo à compreensão do conceito do pH e da natureza da escala de pH” (p. 25).

A realização da atividade experimental também contribuiu com a elaboração de respostas com definições mais conceitualizadas, conforme vemos nos exemplos abaixo:¹

Aluno 4 (antes): ... algo relacionado a concentração de substâncias envolvendo ácidos e base.

Aluno 4 (depois): ... Calcular a concentração de uma solução a partir de uma solução padrão em que já conhecemos a concentração.

Aluno 5 (antes): é o título de uma ação química.

Aluno 5 (depois): processo utilizado para calcular a concentração de uma solução.

A linguagem se tornou mais canônica, o que podemos perceber nas respostas do Aluno 4, que se modificam de uma proposição Relacional para Operacional/Quantitativo. Essa mudança de categoria reflete a aquisição de uma linguagem mais científica (Machado e Mortimer, 2012). Na resposta do Aluno 5, o conceito de titulação foi totalmente modificado, uma vez que anteriormente o aluno definia titulação como sendo simplesmente o “título de uma ação química” e, posteriormente, sua resposta é bem mais elaborada, apresentando maior densidade informativa, e expressando a definição processual de uma técnica utilizada com um objetivo específico. Isso indica que, além de adquirir um novo entendimento sobre titulação, o estudante modificou a sua forma de expressá-lo. Em termos da LSF, a ação relativa ao ato de titular foi nominalizada como um “processo”, o que indica a apropriação da gramática metafórica (Halliday, 1993).

3ª Questão: Na Química, o que significa a palavra ácido?

Para a análise das respostas a esta pergunta, empregamos categorias relacionadas com os níveis do conhecimento químico (fenomenológico, teórico e representacional). Os resultados dessa análise são mostrados na Figura 2.

Inicialmente, suas definições abordaram as dimensões teórica e fenomenológica. Após a atividade experimental, houve um aumento das respostas que abordaram a dimensão teórica e uma leve diminuição da dimensão fenomenológica. As respostas baseadas na visão fenomenológica sobre os ácidos descrevem aquilo que os alunos visualizam ou percebem nas substâncias classificadas como ácidos, como, por exemplo:

Aluno 6: ... pode ser considerado azedo exemplo de alimento usado é o limão.

Aluno 7: ... é uma substância corrosiva.

Aluno 8: ... substância que quando em água libera cátions H^+ e tem sabor azedo.

A resposta do Aluno 6 é baseada na sensação do paladar; o Aluno 7 se baseia na visualização de um fenômeno; o Aluno 8 aborda simultaneamente as dimensões fenomenológica e representacional, ao relacionar o sabor azedo dos ácidos com a liberação de cátions H^+ .

Em geral, as respostas posteriores ao experimento foram adquirindo uma linguagem mais científica. Na interação com o meio prático e com seus pares, o aluno se apropria de termos técnicos que colaboram para a formação dos conceitos, assim como da linguagem científica utilizada para descrever o experimento. Nesse ambiente foi possível desmistificar, por exemplo, que ácidos são sempre azedos ou corrosivos (Silva e Amaral, 2016) e que “soluções com pH diferentes possuem cores diferentes” (Romine *et al.*, 2016, p. 5).

4ª Questão: Na Química, o que significa a palavra base?

As respostas para esta questão diferem levemente dos resultados encontrados nas respostas da terceira questão, como pode ser visto na Figura 3.

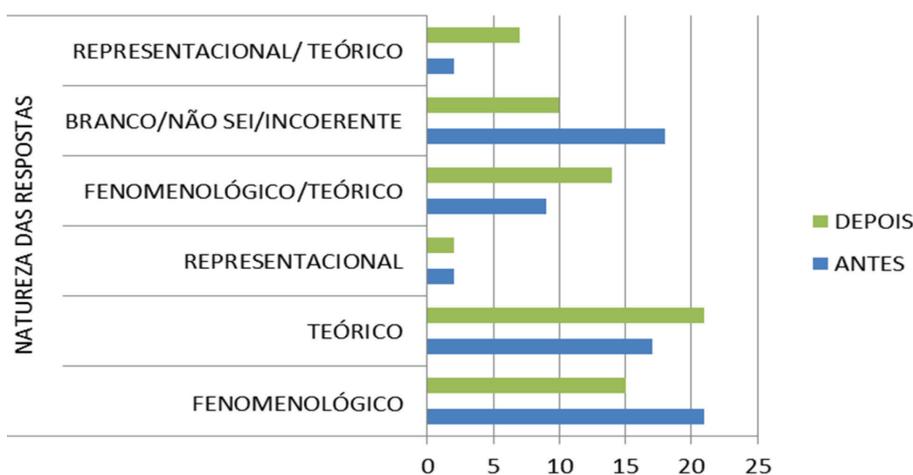


Figura 2: Gráfico de barras com as categorias de análise das respostas obtidas para a Questão 3.

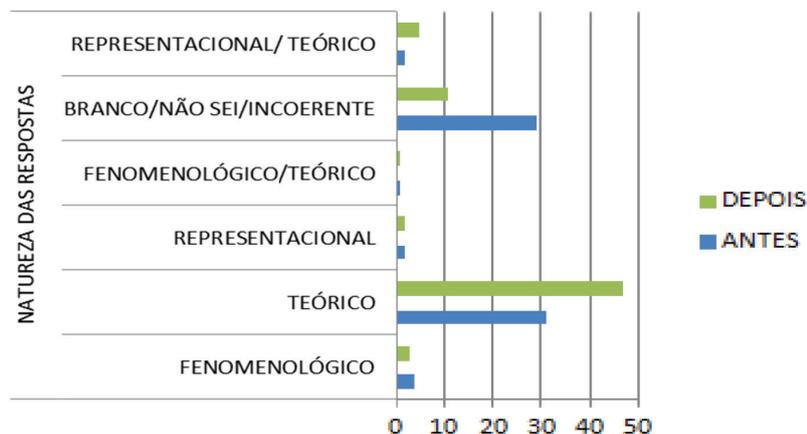


Figura 3: Gráfico de barras com as categorias de análise das respostas obtidas para a Questão 4.

Na definição inicial de bases, o nível fenomenológico aparece em menor quantidade que nas respostas para ácidos, talvez refletindo a maior presença dos ácidos do que das bases na linguagem cotidiana. Nesse caso, nota-se maior presença de definições teóricas, o que significa que a palavra base está mais próxima do contexto científico do que ácido, mais associado ao uso cotidiano (Silva e Amaral, 2014). Algumas das respostas apresentadas pelos alunos são mostradas a seguir:

Aluno 10: ... quando o pH é maior que 7, exemplo a soda cáustica.

Aluno 11: ...qualquer substância que libera única e exclusivamente o OH^- .

Aluno 12: ...Base é adstringente ou seja, prende o sabor, como por exemplo uma banana verde, pode ser considerada uma base.

Aluno 13: ...Libera $[\text{OH}^-]$.

Ao comparar as respostas de dois alunos, antes e após a atividade experimental, podemos observar a mudança na definição das bases, o que indica a apropriação da linguagem científica mais elaborada, em suas formas mais canônicas:

Aluno 14 (antes): Uma substância que sustenta.

Aluno 14 (depois): Solução aquosa que libera OH^- .

Aluno 15 (antes): Solução aquosa que libera hidroxilas íons negativos.

Aluno 15 (depois): Solução aquosa que libera hidroxilas íons negativos OH^- .

A resposta do Aluno 14 anteriormente ao experimento era incoerente e sem sentido, mas se modificou após a atividade experimental, se tornando mais científica ao empregar a expressão simbólica para o íon hidroxila. O Aluno 15 também acrescenta a representação simbólica dos íons hidroxila em sua resposta. Em ambas as respostas chama a atenção o domínio da conceituação de Arrhenius para bases, pois os alunos se referem à solução aquosa em suas definições.

5ª Questão: O que ocorre quando fazemos reagir um ácido e uma base?

Essa pergunta remetia à noção de neutralização, e foi abordada na apresentação antes da realização do experimento. A análise dos dados mostra que houve apropriação conceitual, bem como mudança da linguagem comum para a científica. O gráfico da Figura 4 mostra que a maioria dos alunos opta por uma abordagem teórica em suas respostas após o experimento.

Algumas respostas obtidas antes e depois da ação são apresentadas a seguir:

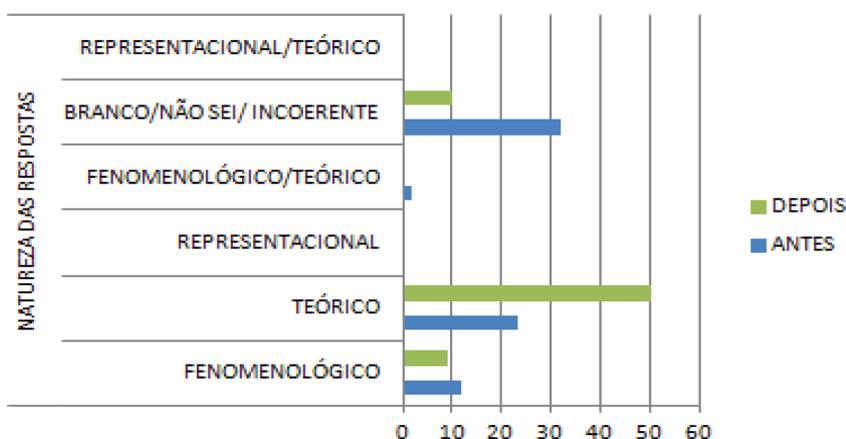


Figura 4: Gráfico de barras com as categorias de análise das respostas obtidas para a Questão 5.

Aluno 14 (antes): Neutralização.

Aluno 14 (depois): Ocorre a neutralização. Eles reagem formando sal e água. O pH é aproximadamente 7 e a cor da solução é um roxo muito claro.

Aluno 15 (antes): Acho que dependendo das quantidades a base pode "neutralizar" o ácido ou vice-versa. Tendo em vista a escala de pH da substância composta.

Aluno 15 (depois): Quando reagimos um ácido e uma base, de acordo com Bronsted-Lowry, um é doador de elétrons [o ácido] e o outro é receptor [base] é originado um sal e água. Como por exemplo reagimos o ácido clorídrico (HCl) e o hidróxido de sódio (NaOH). $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$.

O Aluno 14 indica inicialmente que a reação entre ácido e base resulta em neutralização. Porém, após a atividade, sua resposta apresenta uma definição para a noção de neutralização (reagem formando sal e água, o pH é aproximadamente 7) e ainda acrescenta uma informação baseada na observação visual do experimento, o que remete ao nível fenomenológico (a cor da solução é um roxo muito claro). O Aluno 15 responde inicialmente de forma mais coerente com o conhecimento científico acerca do processo de neutralização que ocorre em uma reação entre um ácido e uma base, indicando saber que a neutralização depende, entre outros fatores, das quantidades dos reagentes que reagem entre si ("acho que dependendo das quantidades a base pode 'neutralizar' o ácido ou vice-versa"), embora atribua o resultado à "escala de pH" da substância formada. Em sua resposta após o experimento, ele utiliza as definições de Brønsted-Lowry para ácidos e bases, indicando que a reação entre eles produz água e sal, representada pelo exemplo da reação entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio. Além da dimensão teórica, ele utiliza a dimensão simbólica para completar sua resposta.

As mudanças nas respostas dos alunos nos sugere a aquisição de novas formas de conceitualizar os fenômenos após a realização da atividade experimental, ou novos modos de pensar sobre um determinado conceito, em um processo de reformulação de seu pensamento e de sua linguagem.

As mudanças nas respostas dos alunos nos sugere a aquisição de novas formas de conceitualizar os fenômenos após a realização da atividade experimental, ou novos modos de pensar sobre um determinado conceito, em um processo de reformulação de seu pensamento e de sua linguagem. Isso é particularmente evidenciado pela segunda resposta do Aluno 14, que inclui períodos simples e diversas palavras de conteúdo, exibindo muito maior densidade informativa que sua resposta inicial à pergunta.

6ª Questão: Na sua concepção, a água é um ácido ou uma base? Justifique sua resposta.

A análise das respostas a essa questão foi dividida em duas partes: a primeira verificou somente a classificação apresentada pelos alunos e a segunda parte incluiu a justificativa para a classificação. A Figura 5 apresenta os resultados da primeira parte da análise:

Na análise das justificativas, verificamos a natureza da informação utilizada para explicar o caráter da água. Como apenas uma resposta afirmava ter a água um caráter ácido, sendo as demais neutro ou básico, as categorias foram sem justificativa, justificativa teórica e justificativa fenomenológica para as respostas

apresentadas pelos alunos, conforme se verifica na Figura 6.

Sobre o caráter da molécula da água, nos chama a atenção que, anteriormente ao experimento, muitos alunos responderam que a molécula de água é uma base. Suas principais justificativas estavam fundamentadas na dimensão fenomenológica, visto que muitos não concebem tal molécula possuir um caráter ácido. Exemplos de suas respostas foram:

Aluno 16: base porque não tem odor picante nem sabor acre como o vinagre.

Aluno 17: base porque não é ácido.

Aluno 18: base pois não é uma substância corrosiva.

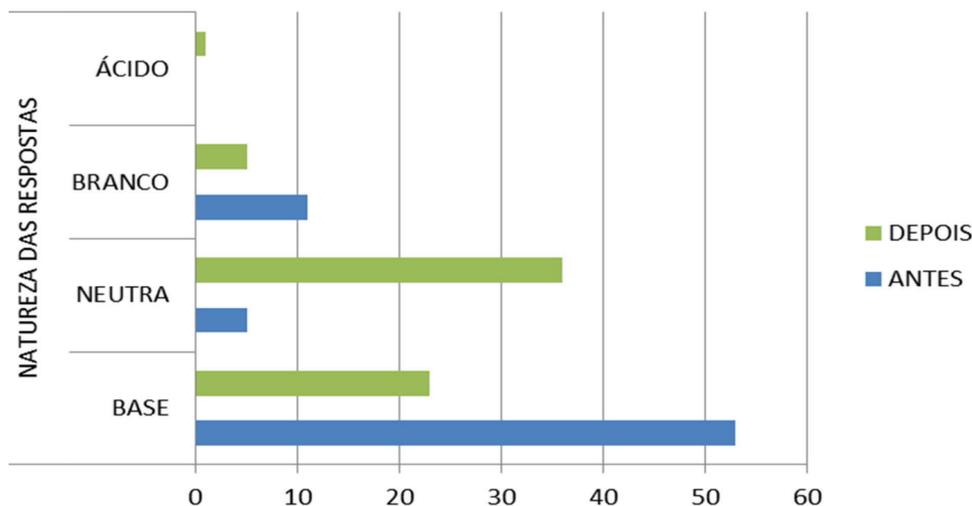


Figura 5: Gráfico de barras com as categorias de análise das respostas obtidas para a Questão 6 parte 1.

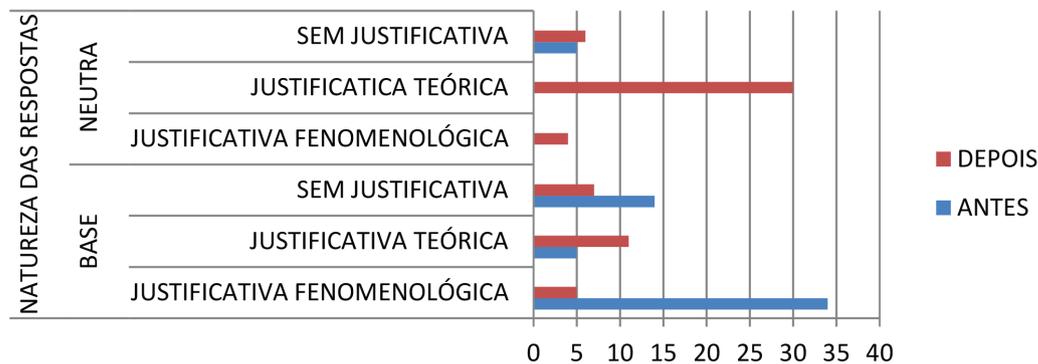


Figura 6: Gráfico de barras com as categorias de análise das respostas obtidas para a Questão 6 parte 2.

Segundo Romine *et al.* (2016), os alunos consideram que os ácidos são “prejudiciais e maléficos, com pH baixo e à medida que aumenta o pH da solução ela assume caráter básico deixando de ser prejudicial” (p. 5). Essa associação dos ácidos com características negativas explica o fato de a maioria dos alunos classificar a molécula de água como base, visto que é inconcebível afirmar que a água é corrosiva ou maléfica.

Após o experimento percebe-se uma mudança quanto ao número de alunos que apresentam uma resposta com justificativa teórica em detrimento da justificativa fenomenológica, embora as respostas que justificam o caráter neutro estejam ligadas à escala de pH. Ao que nos parece, para esses estudantes é essa escala que define o caráter da solução, sem associá-la com a concentração de íons H^+ ou OH^- presentes, o que de fato define a sua natureza. Esse equívoco pode ser justificado pelo fato de o aluno normalmente “aprender sobre o pH como sendo devido à natureza inversa e logarítmica da escala” (Sheppard, 2006). Definições que não são trabalhadas conceitualmente em sala de aula podem conduzir a um entendimento limitado da noção de pH sem associá-la aos aspectos submicroscópicos da matéria. As respostas a seguir são exemplos desta limitação:

Aluno 19: Neutra porque o pH é 7.

Aluno 20: Nem ácido nem base, a água tem pH 7.

Jiménez-Liso e De Manuel Torres (2002) ressaltam a influência dos meios de comunicação na formação desses conceitos errôneos, pois o valor do pH é relacionado com a qualidade benéfica do produto, considerando que os ácidos são prejudiciais para o corpo (pele, dentes, etc.) ou para a roupa, etc. Em nossos dados também observamos concepções de ácidos como prejudiciais, nas quais os alunos destacam o caráter corrosivo dessas substâncias.

Considerações Finais

Neste trabalho focalizamos o uso da linguagem ao redor

dos conceitos de ácidos e bases por estudantes do ensino médio, verificando como essa linguagem se modifica por meio de uma intervenção que envolveu uma atividade experimental. Destacamos que o uso da produção escrita dos alunos como fonte de dados evidencia seu entendimento dos conceitos da forma mais próxima com a que eles normalmente são avaliados (Wright, 2008). Nossa análise, ao considerar a análise semântica das respostas iniciais e finais, demonstrou que muitos estudantes adquiriram uma linguagem mais próxima dos padrões da linguagem científica associada àqueles conceitos. Eles passaram a elaborar definições dos conceitos com o uso de períodos, embora ainda simples, em substituição às respostas curtas, de apenas uma ou duas palavras. Também elevaram o emprego de palavras de conteúdos em suas respostas e o das dimensões teórica e simbólica, diminuindo o uso da dimensão fenomenológica, mais próxima da linguagem cotidiana. Atribuímos essa aquisição aos intercâmbios ocorridos entre os estudantes, durante e após a intervenção, e também à apresentação sobre a atividade experimental desenvolvida, a qual empregou quase exclusivamente a linguagem descontextualizada típica da química.

O conteúdo trabalhado nessa intervenção apresenta uma série de dificuldades e problemas associados com a aprendizagem dos estudantes, devido à sua densidade conceitual. As definições apresentadas a eles pelos livros didáticos e por seus professores variam entre as operacionais e conceituais, além de uma série de conceitos como pH, neutralização, força de ácidos e bases, indicadores, entre outros, que por vezes misturam os níveis da representação com o teórico, além da presença dos conhecimentos cotidianos associados a esses conceitos, o que contribui para a confusão conceitual dos aprendizes (Sheppard, 2006). Esses problemas são percebidos nas respostas apresentadas pelos estudantes, antes e após a intervenção.

A análise das respostas apresentada nesse trabalho sinaliza para a necessidade de atenção para o processo de aquisição da linguagem no ensino de Química e uma reorientação para

dirimir a confusão conceitual. O exercício da escrita como forma de dar conta da compreensão conceitual pode ser uma boa estratégia didática para enfrentar esse problema.

Nota

¹O antes e o depois que aparecem subscritos à palavra aluno se referem às respostas produzidas no questionário

Referências

BERTOTTI, M. Dificuldades conceituais no aprendizado de equilíbrios químicos envolvendo reações ácido-base. *Química Nova*, v. 34, n. 10, p. 1836-1839, 2011.

CHILDS, P. E.; HAYES, S. M. e O'DWYER, A. Chemistry and everyday life: relating secondary school chemistry to the current and future lives of students. In: EILKS, I. e HOFSTEIN, A. (Eds.). *Relevant chemistry education – from theory to practice*. Rotterdam: Sense Publishers, 2015, p. 33-54.

FURIÓ-MÁS, C.; CALATAYUD, M.-L. e BÁRCENAS, S.L. Surveying students' conceptual and procedural knowledge of acid-base behavior of substances. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 10, p. 1717-1724, 2007.

_____; _____. How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *International Journal of Science Education*, v. 27, n. 11, p. 1337-1358, 2005.

HALLIDAY, M. A. K. Towards a language-based theory of learning. *Linguistics and Education*, n. 5, p. 93-116, 1993.

_____. e MATTHIESSEN, M. I. M. *Introduction to functional grammar*. 4thed. New York: Routledge, 2014.

JIMÉNEZ LISO, M. R e DE MANUEL TORRES, E. La neutralización ácido-base a debate. *Enseñanza de Las Ciencias*, v. 20, n. 3, p. 451-464, 2002.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry – logical or psychological? *Chemical Education Research and Practice*, n. 1, p. 9-15, 2000.

LEMKE, J. L. *Talking science: language, learning and values*. Norwood: Ablex Publishing Co., 1990.

LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A. e CLOUGH, M. P. Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory and practice. In: ABELL, S. K. e LEDERMAN, N. G. (Eds.). *Handbook of research on science education*. New York: Routledge, 2008, p. 393-441.

MACHADO, A. H. e MORTIMER, E. F. Química para o ensino médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: MALDANER, O. A. e BASSO, L. (Orgs.). *Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica*. Ijuí: Editora da Unijuí, 2012, p. 21-41.

MORTIMER, E. F. As chamas e os cristais revisitados: estabelecendo diálogos entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana no ensino de ciências da natureza. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Editora da Unijuí, 2010, p. 181-207.

_____. e MACHADO, A. H. A proposta curricular de química no estado de Minas Gerais. Fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, n. 23, p. 273-283, 2000.

NAKHLEH, M. B.; POLLES, J. e MALINA, E. Learning in a

pré-titulação e no questionário pós-titulação, respectivamente.

Geruza da Silva Nascimento (srtagel@hotmail.com) é licenciada em Química pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Jequié, BA – BR. **Bruno Ferreira dos Santos** (bf-santos@uol.com.br), bacharel e mestre em Química pela Universidade Federal da Bahia, doutor em Ciências Humanas e Sociais pela Universidade Nacional de Quilmes, Argentina, é professor titular do Departamento de Ciências e Tecnologias da UESB, Campus de Jequié, Jequié, BA – BR.

laboratory environment. In: GILBERT, J. K.; JONG, O.; JUSTI, R.; TREAGUST, D. F. e VAN DRIEL, J. H. (Eds.). *Chemical education: towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer, 2002, p. 69-94.

PAIK, S. H. Understand the relationship among Arrhenius, Brønsted-Lowry and Lewis theories. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 9, p. 1484-1489, 2015.

PASTRE, I. E.; PLICAS, L. M. A.; TIERA, V. A. O.; CUSTÓDIO, J. L. e AGOSTINHO, S. M. L. Reações ácido-base: conceito, representação e generalização a partir das energias envolvidas nas transformações. *Química Nova*, v. 35, n. 10, p. 2072-2075, 2012.

PUTRA, G. B. S. e TANG, K. S. Supporting scientific report writing in a chemistry classroom. In: YEO, J.; TEO, T. W. e TANG, K. S. (Eds.). *Science education research and practice in Asia-Pacific and beyond*. Singapore: Springer, 2018, p. 53-67.

ROMINE, W. L.; TODD, A. N. e CLARK, T. B. How do undergraduate students conceptualize acid-base chemistry? Measurement of a concept progression. *Science Education*, v. 100, n. 6, p. 1150-1183, 2016.

SHEPPARD, K. High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 7, n. 1, p. 32-45, 2006.

SILVA, F. C. V. e AMARAL, E. M. R. Tendências de pesquisa, concepções de estudantes e desenvolvimento histórico do conceito de ácido. In: *Atas do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, MG, 2014. Disponível em http://www.sbgq.org.br/eneq/xvii/anais_xvii_eneq.pdf, acessado em Dezembro 2018.

_____. e _____. Relação entre diferentes concepções de ácidos e as zonas do perfil conceitual de substância. In: *Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis, SC, 2016. Disponível em <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0116-2.pdf>, acessado em Dezembro 2018.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. e TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: Editora da Unijuí, 2010, p. 231-261.

SILVA, S. M.; EICHLER, M. L.; SALGADO, T. D. M. e DEL PINO, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para as teorias ácido-base. In: *Atas do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Curitiba, PR, 2008. Disponível em <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0483-1.pdf>, acessado em Dezembro 2018.

SOUZA, F. M. e ARICÓ, E. M. Mapa cronológico da evolução das definições ácido-base: um potencial material de apoio didático para contextualização histórica no ensino de química. *Educación Química*, v. 28, p. 2-10, 2017.

SOUZA, G. S. M.; SILVA, E. S.; SANTOS, K. N. e SANTOS,

B. F. A pesquisa sobre linguagem e ensino de ciências no Brasil em teses e dissertações (2000-2011). In: GALIETA, T. e GIRALDI, P. M. (Orgs.). *Linguagens e discursos na educação em ciências*. Rio de Janeiro: Multifoco, 2014, p. 34-47.

WARTHA, E. J e REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em

química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. *Ciência & Educação*, v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015.

WRIGHT, L. J. Learning by doing: the objectification of knowledge across semiotic modalities in middle school chemistry lab activities. *Linguistics and Education*, v. 19, p. 225-243, 2008.

Abstract: *The Learning of Concepts of Acids and Bases through an Intervention in a Study on the Language.* This article presents an intervention research carried out with students of the second grade of High School. The intervention involved the accomplishment of an acid-base titration and the application of a questionnaire on concepts of acids, bases and neutralization, through which we analyzed the use of scientific language in students' responses. It was observed an increase in the students' answers with conceptual definitions more appropriate to the scientific language after the experiment, and the abandonment of more colloquial language, close to the phenomenological level of the concepts questioned. Taking into account the difficulties and problems in teaching and learning the content of acids and bases in chemistry, we suggest that the exercise of writing as a way of communicating knowledge can help and contribute to students' acquisition of these concepts.

Keywords: writing, acids and bases, language