

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
CENTRO DE ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA DE MINAS GERAIS

CLEUZANE RAMALHO DE SOUZA

INDICADORES ÁCIDO E BASE: UM ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Belo Horizonte
2016

CLEUZANE RAMALHO DE SOUZA

Indicadores ácido e base: um ensino por investigação

Monografia apresentada ao Curso de Especialização ENCI-UAB do CECIMIG FaE/UFMG como requisito parcial para obtenção de título de Especialista em Ensino de Ciências por Investigação.

Orientador: Dr. Fernando César Silva

Belo Horizonte

2016

Aos profissionais da educação que potencializam a aprendizagem de
forma significativa e prazerosa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Ser Onipotente e Criador de todas as coisas. Ele nos concede a graça de levantar a cada queda, de agradecer a cada conquista e de não desanimar nos fracassos.

Ao orientador Dr. Fernando César Silva que com sabedoria e serenidade soube dirigir-me os passos e os pensamentos. Sou eternamente agradecida pelos valiosos ensinamentos, orientação, correções, estímulo e incansáveis informações durante a elaboração deste trabalho.

Ao tutor Santer Alvares de Matos pelos saberes compartilhados, por abrir meus olhos para o diferente, para a mudança, você me mostrou que a lapidação deve ser constante.

Aos colegas do ENCI, em especial, a Turma A, pólo de Montes Claros/MG pela troca de ideias, experiências e ensinamentos, que foi de tamanha valia para o nosso crescimento.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste, em especial, aos alunos do 2º Ano A e B, e ao gestor da escola, onde os dados foram coletados, pois sem vocês este trabalho não teria sido realizado.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”.
Paulo Freire

RESUMO

O ensino cumulativo e progressivo de conceitos científicos, que não considera o contexto que esses conceitos foram desenvolvidos, pode explicar a dificuldade na aprendizagem dos conceitos ácido e base. Muitas críticas tem sido feitas à essa forma de abordagem das definições ácido e base em muitos livros didáticos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é compreender o processo de ensino de uma sequência didática com uma abordagem investigativa para estudantes do Ensino Médio, envolvendo a discussão das propriedades e definição ácido e base por meio de indicadores. A sequência didática foi aplicada para duas turmas de Ensino Médio. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram baseados em registros dos estudantes e a Análise Textual Discursiva foi empregada para compreensão desses registros. Embora, os estudantes tenham apresentado muitas dificuldades para exporem suas ideias, fornecerem soluções para o problema levantado e proporem experimentos; percebemos uma evolução ao longo da sequência didática. Os estudantes reconheceram que: existem maneiras mais eficazes e seguras para identificar os materiais do que as propriedades organolépticas, que a mudança de cor de um indicador está relacionada à sua forma no meio em questão, um ácido de Brønsted-Lowry doa o próton (H^+) apenas se houver uma base para aceitá-lo, e o descarte inadequado de certos materiais podem ocasionar sérios problemas ambientais.

Palavras-chave: Educação em Química, Ensino de Ciências por Investigação, Experimentação no Ensino Médio, Ácido e base.

ABSTRACT

The cumulative and progressive teaching of scientific concepts, which does not consider the context in which these concepts were developed, can to explain difficulty in learning acid and base concepts. Many critics have been made to this form of approach of acid and base definition in many textbooks. Thus, the objective of this work is to understand the teaching process of the didactic sequence with an investigative approach to High School students, involving the discussion of definition and properties acid and base indicators. The didactic sequence was applied to two classrooms of High School. The data collection instruments used was based on student's records, and Discursive Textual Analysis was used to understanding these records. The students have presented many difficulties to present their ideas, to provide solutions to the problem and to propose experiments, but we realized an evolution along the didactic sequence. The students recognized that: there are more efficient ways and safe to identify materials that the organoleptic properties, color change of an indicator is related to its way in the medium in question, a Brønsted-Lowry acid donates proton (H^+) only if there is a basis to accept it, and improper disposal of certain materials can cause serious environmental problems.

Keywords: Chemistry Education, Inquiry-based Science Education, Laboratory work in High School, Acid and base.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Natureza fundamental de ácidos e bases de acordo com Lavoisier	21
Figura 2. Relações entre as definições ácido e base de Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis, de acordo com o diagrama tradicional (1), comumente apresentado nos livros didáticos e o diagrama proposto por Paik (2015).	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Categorias identificadas na 1ª questão	36
Quadro 2. Categorias identificadas na 2ª questão	37
Quadro 3. Categorias identificadas na 3ª questão	38
Quadro 4. Categorias identificadas na 4ª questão	38
Quadro 5. Categorias identificadas na 5ª questão	39
Quadro 6. Categorias identificadas para o problema apresentado na 2ª aula	40
Quadro 7. Categoria identificada para a proposta de um experimento na 2ª aula	41
Quadro 8. Categoria identificada para o experimento proposto no início da 2ª aula	42
Quadro 9. Categorias identificadas para o experimento realizado na 3ª aula	43
Quadro 10. Categorias identificadas para a questão proposta na 4ª aula	45
Quadro 11. Categorias identificadas para a retomada do problema inicial na 4ª aula	45
Quadro 12. Categorias identificadas para a produção textual dos estudantes na 5ª aula	47

LISTA DE ABREVIATURAS

ENCI	Ensino de Ciências por Investigação
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Tema	13
1.2 Problema	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 Justificativa	15
1.4 Estrutura da monografia	15
2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Ensino de Ciências por Investigação	16
2.1.1 Experimentação	18
2.2 Ácidos e bases	20
3. METODOLOGIA	29
3.1 Elaboração e desenvolvimento da sequência didática	29
3.2 Contexto da pesquisa	31
3.2.1 Descrição da escola e público alvo	32
3.3 Análise dos instrumentos de coleta de dados	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Da análise das respostas do questionário inicial	35
4.2 Da análise do material produzido pelos grupos de estudantes	39
4.3 Da análise da produção textual dos estudantes	46
5. CONCLUSÕES	50
6. REFERÊNCIAS	52
ANEXOS	55
Anexo A: Questionário Inicial	55
Anexo B: Problema e levantamento de hipóteses	56

Anexo C: Debatendo as hipóteses e realizando o experimento	59
Anexo D: Teoria dos indicadores	60
Anexo E: O que aprendemos	62
Anexo F: Autorização e Termos de consentimento	63

1 INTRODUÇÃO

Diversos trabalhos indicam que os estudantes possuem dificuldades na aprendizagem dos conceitos ácido e base, e apontam algumas causas dessas dificuldades, como por exemplo, a forma de abordagem nos livros didáticos. Para resolver esse problema vários pesquisadores têm sugerido estratégias, conforme descrito por Paik (2015). O autor ainda argumenta que esses conceitos são ensinados de uma forma cumulativa e que o desenvolvimento progressivo das teorias ácido e base podem confundir os estudantes. O ensino cumulativo e progressivo dessas teorias não consideram o contexto em que elas foram desenvolvidas (PAIK, 2015).

Nesse sentido, desenvolver estratégias de ensino que considerem o contexto em que o conceito foi desenvolvido pode ser apropriado para a aprendizagem dos estudantes (VOS; PILOT, 2001). Além disso, essas estratégias devem proporcionar condições para os estudantes: apresentarem seus conhecimentos prévios, discutirem os mesmos com seus colegas e o professor, perceberem que novos precisam ser construídos e participarem ativamente na construção desses novos conhecimentos (CARVALHO, 2013).

1.1 Tema

Desde o primeiro momento da escolha do tema para o projeto de pesquisa para construção da monografia do curso de especialização em Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) da Faculdade de Educação (FaE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), me veio a ideia de discutir o conceito ácido e base. Esse tema é um desafio a ser superado por mim que o trabalhava em sala de aula priorizando o ensino de fórmulas e nomenclaturas. Os conceitos envolvidos e o contexto que deveriam ser utilizados não eram discutidos. Além disso, o livro didático era o único recurso de minha prática pedagógica. Dessa forma, optei por esse tema numa tentativa de romper com um ensino transmissivo baseado somente no livro didático, para me lançar em um ensino pautado em referenciais teóricos sobre o ensino por investigação.

1.1.1 Problema

Conforme mencionado anteriormente, muitos estudantes possuem dificuldades para entender os conceitos de ácido e base, e a abordagem desse assunto nos livros didáticos é considerada uma das causas para as dificuldades. Dessa forma, nosso problema de pesquisa pode ser assim formulado: como se dá o processo de ensino do conceito ácido e base para estudantes do 2º ano do Ensino Médio, por meio de atividades experimentais investigativas e a consideração do contexto em que uma das definições ácido e base foi desenvolvida?

1.1.2 Objetivo geral

Aliando os referenciais teóricos de ENCI à uma abordagem das definições ácido e base que considerem o contexto em que elas foram desenvolvidas; nosso objetivo geral é compreender o processo de ensino de uma sequência didática para estudantes do Ensino Médio, envolvendo a investigação das propriedades ácido e base por meio de indicadores e a discussão de uma definição ácido e base.

1.1.3 Objetivos específicos

Dessa forma, os objetivos específicos compreendem:

- ✓ Construir um questionário para conhecimento das ideias dos estudantes;
- ✓ Aplicar o questionário para estudantes do segundo ano do Ensino Médio;
- ✓ Construir uma sequência didática com abordagem investigativa utilizando a experimentação;
- ✓ Aplicar a sequência didática e,
- ✓ Compreender todo o material produzido pelos estudantes por meio da Análise Textual Discursiva.

1.2 Justificativa

Como já mencionado anteriormente a forma de abordagem das definições ácido e base na maioria dos livros didáticos pode ser uma das causas das dificuldades dos estudantes na aprendizagem desses conceitos. Dessa forma, este trabalho pode contribuir com o uso de estratégias que considerem o contexto em que essas definições surgiram, e não apenas de uma forma cumulativa e progressiva, conforme discutido por Paik (2015). Além disso, esta sequência propicia a investigação e espaço para os estudantes pensarem, utilizando a experimentação com a valorização da descoberta.

Espera-se ainda, que este trabalho possa servir de reflexão para os professores e as professoras no seu dia a dia da sala de aula, utilizando propostas pautadas em pesquisas e implementadas de acordo com a especificidade de seus contextos.

1.3 Estrutura da monografia

A monografia foi organizada, inicialmente, pela apresentação dos conceitos gerais e revisão da literatura que compõem o referencial teórico, no que se refere ao ENCI e, mais especificamente, a experimentação. Ainda compondo o referencial teórico, apresenta-se a natureza conceitual das definições ácido e base, e discute-se, a utilização dos indicadores. Segue-se pela descrição da metodologia e a fundamentação de cada etapa do trabalho, bem como, as características da escola e do público pesquisado. A apresentação dos resultados se dá juntamente com a discussão, que possibilita algumas considerações finais. Por último, apresenta-se as referências bibliográficas e os anexos contendo o questionário e o material de apoio fornecido aos estudantes.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

As sequências didáticas investigativas podem ser propostas abrangendo um conteúdo do programa escolar, neste caso, definições ácido e base; proporcionando aos estudantes espaço para apresentarem suas ideias, discutirem com seus colegas e o professor e construir o conhecimento (CARVALHO, 2013). Apresentamos a definição de ENCI e suas modalidades, enfatizando a experimentação. Encerramos com a discussão dos contextos em que as definições ácido e base foram desenvolvidas para entendermos suas naturezas conceituais. Além disso, abordamos a definição e o uso de indicadores ácido e base.

2.1 Ensino de Ciências por Investigação

O ENCI requer uma nova postura do professor para promover a construção dos conhecimentos científicos, uma vez que determinados paradigmas devem ser rompidos, em especial, em relação a forma de ensino que é permeado pela transmissão-recepção (AZEVEDO, 2015). O professor atua como “catalisador”, direcionando as atividades, a interação e as discussões entre os estudantes, e não, como fonte de todas as informações. E os estudantes são levados a obter informações por si mesmos que ajudam na compreensão dos conceitos e a responsabilidade pela aprendizagem recai sobre eles. A investigação não necessariamente leva os estudantes a descobrirem informações desconhecidas para o professor, mas permite que os estudantes descubram informações novas para eles próprios (LAMBA, 2015).

O ENCI é uma abordagem centrada no estudante por meio de um ciclo de aprendizagem. O ciclo de aprendizagem envolve três estágios metodológicos: exploração, invenção e aplicação (LAMBA, 2015). No estágio de exploração, um problema é apresentado, introduzindo os estudantes no contexto do conceito a ser estudado e oferecendo condições para pensarem e trabalharem com as estratégias utilizadas para a resolução do problema (estágio de invenção). O estágio de aplicação é o momento em que ocorre a contextualização do conceito estudado, oferecendo condições para a aplicação do mesmo em outras situações (LAMBA, 2015). Em contraste com o método tradicional de ensino, o ENCI envolve a

participação ativa dos estudantes em todos os estágios (LAMBA, 2015). Esses estágios serão detalhados a seguir, baseado nas ideias de Carvalho (2013), quando for discutido o planejamento de uma atividade experimental investigativa.

As atividades investigativas são variadas, não se restringindo à experimentação. Entretanto, a sequência didática discutida neste trabalho envolve a experimentação, voltando assim o nosso olhar para a mesma.

A experimentação desempenha um papel fundamental, explorando e introduzindo conceitos ao invés verificá-los. O foco das discussões em sala de aula estão na utilização de dados para derivar conceitos, e não, simplesmente informar aos estudantes esses conceitos. Além disso, os textos são usados para aplicar, reforçar, revisar e ampliar os conceitos em vez de apresentá-los. Essa abordagem incentiva uma participação ativa e uma aprendizagem significativa do estudante (LAMBA, 2015). No ENCI a experimentação pode ser planejada da seguinte forma:

Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor. Nessa etapa o professor divide a classe em grupos pequenos, distribui o material, propõe o problema e confere se todos entenderam o problema a ser resolvido, tendo o cuidado de não dar a solução nem como manipular o material para obtê-la [...].

Etapa de resolução do problema pelos alunos. Nesta etapa, o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses e o testes dessas hipóteses. É a partir das hipóteses – das ideias – dos alunos que quando testadas experimentalmente deram certo que eles terão a oportunidade de construir o conhecimento. As hipóteses que não deram certo também são muito importantes nessa construção, pois é a partir do erro – o que não deu certo – que os alunos têm confiança no que é certo, eliminando as variáveis que não interferem na resolução do problema [...].

Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos. [...] Nesta etapa o papel do professor é muito importante. A aula, neste momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado [...].

Etapa do escrever e desenhar. Esta é a etapa da sistematização individual do conhecimento. Durante a resolução do problema os alunos construíram uma aprendizagem social ao discutir primeiro com seus pares e depois com a classe toda sob a supervisão do professor. É necessário, agora, um período para a aprendizagem individual. O professor deve, nesse momento, pedir que eles escrevam e desenhem sobre o que aprenderam na aula. O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de Ciências, pois, como o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento [...] (CARVALHO, 2013; p. 11-13).

Esse planejamento é o oposto do método de transmissão-recepção, no qual os estudantes recebem as instruções de como executar cada procedimento para obter um resultado pré-determinado (LAMBA, 2015). A experimentação vai além da busca pela motivação e engajamento do estudante pelo conhecimento químico, conforme discutimos a seguir.

2.1.1 Experimentação

É inegável que a experimentação é o cerne da Química; uma opinião expressa sucintamente num relatório da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC do inglês, *International Union Pure and Applied Chemistry*): “A Educação em Química deve ter um componente experimental indiscutível” (BELL et al., 2015 citando IUPAC, 2000). Essa certeza ainda se mantém, apesar das atividades baseadas em computador que muitos químicos e químicas praticam hoje. A experimentação é uma imagem real da Química, mas aquela imagem baseada no gênero (somente homens realizando pesquisas em laboratórios), grandes vasos de vidro, explosões e mal cheiro poluindo o ar, não é verdadeira para a realidade. Assim, não é surpreendente que a experimentação é vista como uma parte integrante da Educação em Química (BELL et al., 2015). Entretanto, há diferentes abordagens da experimentação e, dependendo de como ela é conduzida pode ao invés de facilitar o entendimento dos estudantes, dificultar ainda mais. Além disso, empoderando uma imagem ultrapassada da Química e da atividade dos químicos e químicas.

Em uma abordagem tradicional a experimentação é entendida apenas como forma de motivar os estudantes, confirmar uma teoria ou verificar um fenômeno. Nesse sentido, normalmente essas atividades são organizadas pelo professor. O professor planeja o experimento fornecendo as instruções detalhadas sobre a atividade (HOFSTEIN et al., 2013). Acreditamos que a experimentação não deve ser reduzida à essa forma de entendimento, no entanto, isso não significa que defendemos uma experimentação que leve os estudantes a pensarem e comportarem como cientistas. Concordamos com as ideias de Carvalho (2013, p. 9), “um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico

para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica”. Esse ambiente investigativo, se refere a tornar nossas aulas experimentais, espaço para os estudantes questionarem, planejarem, levantarem dados e decidirem sobre suas próprias conclusões (HOFSTEIN et al., 2013). Mesmo que essas conclusões estejam erradas, isso faz parte do processo de construção do conhecimento, conforme descrito por Capecchi (2013, p. 25), “é preciso que tenham oportunidade de errar, não atendo-se apenas a tentativas desprovidas de reflexão, mas, avaliando suas ações e formas de interpretação que levam a erros e acertos”.

Essas ideias estão alicerçadas em perspectivas construtivistas com uma visão socio-cultural da aprendizagem e da Ciência. A visão socio-cultural da Ciência enfatiza que o conhecimento científico é socialmente construído. Assim, a investigação científica, é vista como um processo, em que explicações são desenvolvidas para dar sentido aos dados obtidos e apresentadas a uma comunidade para crítica, discussão e revisão. Essa re-conceitualização da Ciência a partir de uma perspectiva individual para social muda, fundamentalmente, a visão dos experimentos como uma forma de retratar o método científico. Ao invés de entender os procedimentos do experimento como “o método científico”, esse agora é avaliado pelo papel que desempenha na prestação de provas para o conhecimento. Essa negociação de provas é socialmente mediada pela linguagem, isto é, a discussão estabelecida pela comunidade científica para aceitação ou negação do conhecimento. Como consequência a aprendizagem em Ciências é vista como a socialização em uma cultura científica. Portanto, os estudantes precisam de oportunidades para pensar, praticar e falar de suas ideias sobre a Ciência uns com os outros e com o professor. E tudo isso está diretamente relacionado com a experimentação (HOFSTEIN et al., 2013).

Tudo isso nos leva a avaliarmos se queremos a experimentação para verificação ou para descoberta. Percebemos um consenso de que os estudantes não podem ser passivos, recebendo as informações do livro ou professor, tornando evidente que a experimentação baseada em indagações exige participação ativa dos estudantes e o professor assume o papel de facilitador da aprendizagem do estudante (EUBANKS, 2015). Dessa forma, a experimentação deve ser usada para empoderar nossos estudantes na solução de problemas, realização de descobertas, discussão de suas ideias, e não, simplesmente, na verificação de resultados pré-determinados.

2.2 Ácidos e bases

Os ácidos sulfúrico, clorídrico e nítrico já eram conhecidos na Idade Média, embora não pelo os nomes atuais (VOS; PILOT, 2001). Esses ácidos foram isolados pela primeira vez no início dos anos 1200 (KOUSATHANA et al., 2005). O nome ácido é derivado do latim *acere*, “para ser azedo”, referindo ao gosto dos ácidos. A base era originalmente uma parte que restava após o aquecimento ou queima de alguma coisa. Os sais de potássio (carbonato de potássio), obtidos a partir de cinzas de plantas era uma base. A associação a um resíduo deixou de ser feita quando uma base foi redefinida como qualquer substância que poderia neutralizar um ácido (VOS; PILOT, 2001).

Para Otto Tachenius (1644-1699) as propriedades e o comportamento das substâncias estavam ligadas a sua acidez ou alcalinidade. O problema fundamental com a sugestão de Tachenius foi que não houve uma definição satisfatória de um ácido e de uma base, pois se restringia ao fato de um ácido com um alcalino (base) provocar efervescência e vice-versa (KOUSATHANA et al., 2005).

Robert Boyle (1627-1691) criticou a teoria de Tachenius em sua obra de 1675, “Reflexões sobre a hipótese de álcali e ácido”. Ele se opôs à imprecisão dos termos “ácido” e “base”, como comumente usados na teoria. Ressaltou ainda, que a efervescência não era um bom teste de acidez, uma vez que também era um teste para a alcalinidade. Além disso, questionava se os metais eram ácidos ou bases. Boyle deu uma contribuição importante para a química de ácidos e bases com o desenvolvimento dos indicadores. Ele descobriu que o xarope de violetas ficava vermelho quando se adicionava ácidos e verde, bases; oferecendo assim, uma classificação de soluções ácidas, básicas e neutras, baseada em experimentos (KOUSATHANA et al., 2005). A capacidade de certos vegetais mudarem a cor dependendo do meio já era conhecido no século XVI, talvez mais cedo. Tais vegetais foram empregados na França para o tingimento da seda. Provavelmente, observou-se que muitas soluções desses vegetais alteravam a sua cor, sob a ação de determinadas substâncias. No entanto, o fato de que em meio ácido a cor era vermelha e em meio básico, verde ou azul tinha pouco significado para a época. Conforme mencionado anteriormente, Boyle deu uma explicação mais clara para o fenômeno, escrevendo sobre os usos de soluções de vegetais como indicadores,

especialmente, em seu livro “Experiências sobre cores”. Ele empregou soluções de violetas, rosas, pau-brasil, cochonilha etc (SZABADVÁRY, 1964).

Ácidos fortes e fracos já tinham sido distinguidos no século XVII. Os nomes fortes e fracos referiam-se à capacidade de um ácido forte para deslocar um ácido mais fraco de seus sais. Atualmente, os termos fortes e fracos ainda são utilizados, no entanto, eles não se referem ao deslocamento de um ácido por outro (VOS; PILOT, 2001), e sim, à extensão da ionização (TÜMAY, 2016). Ambos os conceitos foram redefinidos (mas não renomeados) num contexto diferente (VOS; PILOT, 2001). A discussão sobre a força de um ácido não é o objetivo deste trabalho, entretanto, para aprofundamento dessa discussão sugerimos os estudos de Vos e Pilot (2001) e Tümay (2016).

Antoine Lavoisier (1743-1794) acreditava que a acidez era causada pela presença de oxigênio no composto. Esta ideia mesmo que errada, é historicamente importante, pois é a primeira tentativa sistemática para caracterizar quimicamente ácidos e bases. Nessa época acreditava-se que as propriedades de ácidos estariam relacionadas a um elemento (KOUSATHANA et al., 2005). De acordo com Lavoisier, a combustão de elementos não metálicos, tais como enxofre, fósforo e carbono produzia óxidos que formavam soluções ácidas em água. O nome oxigênio pode ser traduzido como “formador de ácido”, indicando que este elemento era visto como essencial para todos os ácidos, conforme já mencionado. Neste contexto, o conceito de ácido tornou-se intimamente ligado ao de combustão de elementos não metálicos. Os óxidos correspondentes foram chamados anidridos de ácido. Lavoisier não estava interessado somente na síntese de ácidos como tal, mas também na determinação da sua composição. Ele introduziu uma nomenclatura sistemática para ácidos inorgânicos, nomeando cada ácido após o elemento que era derivado: ácido fosfórico, ácido sulfúrico, ácido carbônico e, além disso, ácido fosforoso, ácido sulfuroso – o sufixo *oso* indicando menor teor de oxigênio. Na visão de Lavoisier, as bases eram obtidas a partir dos elementos metálicos, no caso seus óxidos, conforme indicado na Figura 1. As bases reagiam com os ácidos e vice-versa para formar sal e água (VOS; PILOT, 2001).

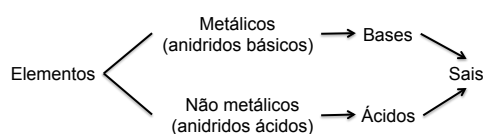


Figura 1: Natureza fundamental de ácidos e bases de acordo com Lavoisier (VOS; PILOT, 2005).

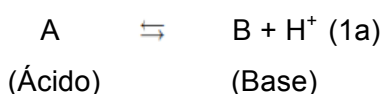
Humphry Davy (1778-1829) e Pierre Louis Dulong (1785-1838) acreditavam que o hidrogênio de alguma forma era essencial para os ácidos e não o oxigênio. Davy concluiu que o ácido clorídrico é um composto formado por cloro e hidrogênio. Justus von Liebig (1803-1873) utilizando as ideias de Davy sobre o papel do hidrogênio em ácidos, propunha que um ácido era uma substância contendo hidrogênio, na qual esse hidrogênio pode ser substituído por um metal. Esta definição provou ser suficiente para mais de 50 anos até o advento das ideias de Svante August Arrhenius (1859-1927). Liebig não tinha uma definição teórica correspondente para bases. Elas eram identificadas de forma empírica, como substâncias que neutralizam ácidos e possuíam cores diferentes dos ácidos em contato com indicadores. De fato, ainda é compatível com as definições modernas. Arrhenius seria a primeira pessoa a oferecer uma explicação plausível para a neutralização ácido e base (KOUSATHANA et al., 2005).

Arrhenius em 1887 sugeriu que um ácido, base ou sal ao serem dissolvidos em água dissociavam espontaneamente em íons positivos e negativos. Coletou dados empíricos para explicar sua ideia da dissociação eletrolítica, como por exemplo: o fato das soluções salinas conduzirem eletricidade era compatível com a existência de espécies carregadas (íons) em solução. Propôs que um sal, AB, pode existir tanto como espécies dissociadas e não dissociadas, AB, e sob a forma de íons A^+ e B^- , de modo que o equilíbrio ($AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$) existiria em qualquer solução de um sal em água (KOUSATHANA et al., 2005). Afirmou que em solução aquosa ácidos e bases são dissociados completamente quando são fortes, e em parte, quando são fracos (VOS; PILOT, 2001). Dessa forma, Arrhenius deu uma interpretação iônica à condutividade elétrica. Arrhenius usou a ideia de dissociação iônica para explicar os valores similares dos calores de neutralização que os ácidos clorídrico, bromídrico e nítrico possuíam quando misturados com hidróxido de sódio. Ele propôs que cada reação ácido e base era equivalente a mesma reação iônica, $H^+ + HO^- \rightarrow H_2O$ (KOUSATHANA et al., 2005).

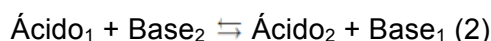
A teoria da dissociação eletrolítica de Arrhenius com base nos íons hidrogênio e hidróxido, explicavam alguns fenômenos ácidos e básicos em sistemas aquosos. Embora, soluções não aquosas apresentassem comportamento semelhante não poderiam ser explicadas pela teoria de Arrhenius, pois os íons hidrogênio não estavam presentes (KOUSATHANA et al., 2005).

As ideias propostas em 1923 por Johannes Nicolaus Brønsted (1879-1947)

(na Dinamarca) e Thomas Martin Lowry (1874-1936) (na Inglaterra) possibilitaram um outro ponto de vista sobre ácidos e bases. Esses pesquisadores propuseram uma definição baseada no papel dos íons hidrogênio em sistemas ácido e base. De acordo com Brønsted, o composto A é um ácido, se for parcial ou completamente separado em solução de acordo com o esquema: $A \rightarrow B + H^+$ (1). No esquema (1) em que o conceito de um ácido (A) é estabelecido, o conceito de uma base (B) é igualmente definido. Dessa forma, ácidos e bases definidos em termos da transferência de íons hidrogênio. A essência deste conceito de ácidos e bases é definida mais uma vez pelo esquema:



O equilíbrio formulado no esquema (1a) entre íons hidrogênio, o ácido e a base pode ser chamado de um equilíbrio ácido e base simples. Ao misturar dois sistemas simples, um sistema de ácido e de base resulta em um equilíbrio ácido e base, que sempre pode ser formulado da seguinte forma:



Assim, Brønsted introduziu a ideia de um par ácido-base conjugado (1) como uma ligação recíproca de propriedades ácidas e básicas. O equilíbrio (2) inclui uma série de reações importantes, tais como: neutralização, hidrólise, reações com indicadores etc (KOUSATHANA et al., 2005).

Uma importante contribuição proveniente de Lowry tem a ver com o estado do íon hidrogênio em solução, para a qual Brønsted usava H^+ e Lowry, o íon hidrônio (H_3O^+). De acordo com Lowry, a acidez forte, aparentemente, desenvolvia apenas em misturas e nunca em um composto isolado. Mesmo cloreto de hidrogênio (HCl) só se torna um ácido quando misturado com água. Isto pode ser explicado pela dificuldade de um hidrogênio (H^+) existir isoladamente. O efeito da mistura de cloreto de hidrogênio com a água é, provavelmente, proporcionar um aceitador de hidrogênio (H^+), de modo que a ionização do ácido envolva apenas a transferência de um H^+ de um para o outro (KOUSATHANA et al., 2005).

O conceito em si de ácidos e bases de Brønsted-Lowry independe do seu

comportamento em água e da natureza do solvente, mas a extensão que ocorre a transferência do próton (H^+) do ácido para a base depende da natureza do solvente. A definição de Brønsted-Lowry também fornecia uma explicação lógica para a ação de um tampão e o efeito do íon comum, e que revelou uma espécie pode atuar como um ácido em um meio e como base em outro (KOUSATHANA et al., 2005).

Definimos ácidos de Brønsted-Lowry como doadores de prótons (H^+), entretanto, esses são doados porque há uma base para recebê-los. Por exemplo, para o próton do ácido clorídrico ($HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$) ser removido é necessário um valor considerável de energia, $1,4 \times 10^6 \text{ Jmol}^{-1}$. Como é necessário muita energia, não faz sentido dizer que o HCl “doa” o próton; é como dizer que uma pessoa “doa” sua mochila para um assaltante. O ácido não “doa” o próton por si só. Isso cria um falso conceito da ação de um ácido, como se de alguma forma o seu próton fosse expulso por meio de uma força interna. O que ocorre é a ação de uma base que possui a capacidade de quebrar a ligação que mantém o próton formando o ácido. Dessa forma, podemos definir ácido como uma substância na qual o próton pode ser removido por uma base e, a base como uma substância que pode remover o próton de um ácido (HAWKES, 1992).

Em 1923, Gilbert Newton Lewis (1875-1946) sugeriu um esquema de manipulação de ácidos e bases dentro de um sistema mais amplo e desenvolveu o ainda mais em 1938. Lewis definia um ácido como qualquer molécula ou íon com um agrupamento incompleto de elétrons em torno de um de seus átomos. Dessa forma, esse átomo era capaz de aceitar um par de elétrons de outro átomo, o átomo doador seria um íon ou molécula denominada de base de Lewis. O conceito de ácidos como receptores de pares de elétrons incluía moléculas ou íons que não continham o hidrogênio. Lewis fazia a seguinte comparação: “restringir o grupo de ácidos para as substâncias que contêm hidrogênio é como considerar os oxidantes como substâncias que contêm oxigênio” (KOUSATHANA et al., 2005; p. 181).

Lewis estava interessado em uma definição geral de um ácido e uma base; uma definição universal, não importando o ambiente químico. Ele também voltou sua atenção para algo mais fundamental que o átomo para definir ácidos e bases: os elétrons. No simpósio de Cambridge em 1923 Lewis afirmou que “o elétron chegou e veio para ficar e que os químicos ou físicos ou, mais provavelmente, uma equipe contendo representantes de ambos os grupos deveriam investigar a estrutura eletrônica das moléculas” (KOUSATHANA et al., 2005; p. 181).

Muitos professores seguem os livros didáticos abordando os conceitos ácido e base na seguinte ordem: Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis (VOS; PILOT, 2001; KOUSATHANA et al., 2005; PAIK, 2015).

Paik (2015) sugere uma nova relação para essas definições, baseando-se nas categorias ontológicas do conhecimento científico, conforme indicado na Figura 2.

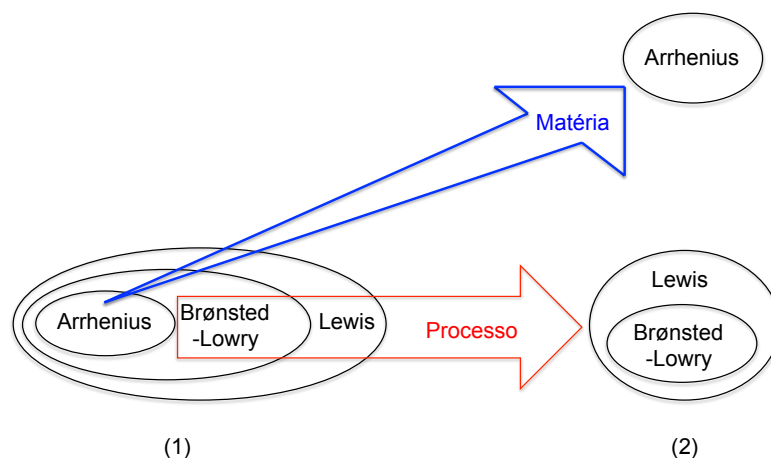


Figura 2: Relações entre as definições ácido e base de Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis, de acordo com o diagrama tradicional (1), comumente apresentado nos livros didáticos e o diagrama proposto por Paik (2015) (2). Fonte: PAIK, 2015.

Os conceitos científicos podem ser classificados em duas categorias ontológicas: matéria e processo; no entanto, durante o processo de aprendizagem, é muito difícil para o estudante mudar o status ontológico do conceito anterior ao conceito proposto. A partir desse ponto de vista, pode-se dizer que a teoria de Arrhenius propõe ácidos e bases como materiais, e a teoria de Brønsted-Lowry como um processo de reação. A Química possui, basicamente, como objeto de estudo, a matéria e a reação. A este respeito, pode considerar-se que o foco do conceito de Arrhenius é a matéria e, o de Brønsted-Lowry, a reação. O conceito de Lewis também está relacionado com a reação (o processo), no entanto, incluindo outras reações, não somente aquelas que envolvem prótons. Portanto, o conceito de Arrhenius e o conceito Brønsted-Lowry (incluindo o conceito de Lewis) pertencem a diferentes categorias (PAIK, 2015).

Hawkes (1992) sugere que a tradicional apresentação do conceito ácido e base de Arrhenius antes de Brønsted-Lowry confunde e engana os estudantes. Para

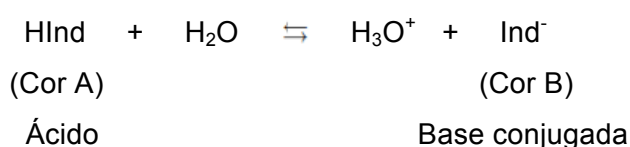
ele, o conceito de Brønsted-Lowry deve ser apresentado primeiro, pois é mais simples e envolve apenas a transferência de um próton. O autor defende que usar o conceito de Arrhenius pode levar a equívocos e complicações, como por exemplo: se toda reação ácido e base possui uma reação iônica, $H^+ + HO^- \rightarrow H_2O$, como sugerido por Arrhenius, torna-se necessário um argumento complicado para mostrar que NH_3 e HCl reagem numa reação ácido e base. Isso pode ser feito, invocando o fato de que NH_4Cl foi produzido na ausência ou na presença de água e é o “sal” produzido a partir de $NH_{3(aq)}$ e $HCl_{(aq)}$. A ausência do OH^- ainda permanece como um obstáculo para a compreensão do estudante. Ainda de acordo com o autor, esse problema leva a outros equívocos, como por exemplo: em muitos livros didáticos estão descritos que o ácido acético e amônia, por exemplo, reagem em solução aquosa, porque eles produzem H^+ e OH^- que então interagem. Assim, o estudante é levado para longe da simples compreensão de que o ácido e a base se interagem diretamente. O autor finaliza sugerindo que a definição de Arrhenius poderia servir mais tarde como uma nota de rodapé histórica, mas não como um conceito viável.

Paik (2015) ao contrário de Hawkes (1992), defende que como muitas reações químicas ocorrem em soluções aquosas, envolvendo muitos compostos que possuem íons de hidrogênio (prótons) e hidróxido; não seria prudente descartar uma teoria, que para ele é fácil de entender e é bem aplicável em muitos casos. Além disso, ensinar o conceito de Arrhenius é importante para a finalidade de promover o reconhecimento do significado de conceito ou teoria na aprendizagem em Ciências. No entanto, o próprio autor ressalta que na medida que novos conceitos forem apresentados, as limitações do conceito de Arrhenius deve ser discutida.

Não pretendemos discutir se devemos ou não utilizar a teoria de Arrhenius, mas partilhamos das ideias de Paik (2015), que o desenvolvimento progressivo e cumulativo das teorias ácido e base podem confundir os estudantes. Ainda recorrendo às ideias de Paik (2015), considerar o contexto que os conceitos surgiram pode contribuir para superar as dificuldades apresentadas pelos estudantes. Partilhamos também das ideias de Vos e Pilot (2001), que os professores devem fornecer meios para que os estudantes selecionem uma teoria adequada para cada problema específico. Isso pode ser feito explicitando os diversos contextos e restringindo as definições para o contexto específico.

Na medida em que desejávamos que os estudantes propusessem um experimento que envolvesse o uso de indicadores para diferenciar as propriedades

ácidas e básicas de materiais utilizados por eles, defendemos o uso da definição de Brønsted-Lowry para discutir o conceito ácido e base. Isso se justifica, pois a definição de Brønsted-Lowry fornece uma explicação plausível para a mudança de cor dos indicadores nos diferentes meios, conforme descrito por Kousathana e colaboradores (2005). Em geral, os indicadores ácido e base são ácidos e bases fracas, dependendo do meio, a cor da forma ionizada é diferente da cor da forma não ionizada. A estrutura química desses indicadores são complexas, portanto, utilizaremos a notação HInd para um indicador ácido. A equação abaixo representa a ionização de um indicador ácido em água:



No caso dos indicadores a cor da forma não ionizada é diferente da forma ionizada. Se o indicador ácido (HInd) for adicionado em meio ácido, predomina a espécie ácida (HInd), portanto, a cor A. Se o indicador HInd for adicionado em meio básico, predomina a base conjugada (Ind⁻), portanto, a cor B.

Os professores ao invés de imporem aos estudantes uma definição ácido e base poderiam convidá-los a selecionarem uma definição adequada para cada problema específico. Essa ideia representa uma característica geral da Ciência, isto é, que todas as definições e teorias estão sendo desenvolvidas dentro de um contexto que determina, em grande medida, a sua função e o seu significado. Dessa forma, os estudantes podem reconhecer que o significado de um conceito fundamentalmente depende do contexto em que é usado (VOS; PILOT, 2001).

Tanto na literatura internacional quanto na literatura nacional encontramos diversos trabalhos sobre ácidos e bases, o que demandaria diversas páginas para discorrer sobre todos. Dessa forma, ressaltamos aqui os mais recentes. Hoe e Ramanathan (2016), publicaram um estudo sobre a prevalência de concepções alternativas em estudantes da Educação Básica de Cingapura em relação as propriedades de ácidos e bases, ácidos e bases fracas, pH, neutralização, indicadores etc. Além disso, os autores fazem uma compilação da literatura sobre as concepções alternativas de estudantes em diversos países. Os estudos sobre ácidos e bases não são restritos somente à Educação Básica, mas também a nível de pós-

graduação, conforme indicado no estudo de Tümay (2016). Nesse trabalho, os estudantes de pós-graduação da Turquia não conceitualizam a força de ácidos e bases em termos de propriedades que emergem por meio de múltiplos fatores.

No Brasil, existem numerosas propostas de atividades experimentais utilizando extratos vegetais para discutir os conceitos de ácido e bases, por meio de indicadores. Embora, a literatura seja rica em trabalhos sobre esse tema, nosso estudo é pioneiro no Brasil no que se refere a discussão da teoria de Brønsted-Lowry a partir de atividades experimentais investigativas com indicadores para estudantes do Ensino Médio.

3 METODOLOGIA

Apresentamos a metodologia utilizada na pesquisa, indicando o processo de construção da sequência didática, os critérios de escolha do público alvo e a descrição para análise dos dados obtidos.

3.1 Elaboração e desenvolvimento da sequência didática

O tema ácidos e bases integra os currículos de Química para o Ensino Médio e também para alguns cursos de graduação e pós-graduação. Entretanto, muitos estudantes possuem dificuldades em aprender os conceitos ácido e base. Para resolver esse problema, diversos pesquisadores investigam as causas dessas dificuldades e sugerem estratégias para as mesmas (PAIK, 2015).

A sequência didática foi elaborada para estudantes do Ensino Médio e pautada nos referenciais teóricos de Ensino de Ciências por Investigação (CARVALHO, 2013; 2014). Os textos propostos para investigar as características ácidas ou básicas, por meio de indicadores, em materiais rotineiramente utilizados pelos estudantes e, assim discutir, o conceito de ácido e base, foram pautados em estudos de: Szabadváry (1964), Hawkes (1992), Vos e Pilot (2001), Kousathana e colaboradores (2005) e Paik (2015). A escolha dessas referências fez-se necessário, pois quando se trata de ácido e base em muitos livros didáticos, como por exemplo, Feltre (2004), Peruzzo (2006), Mortimer e Machado (2008) e Reis (2013), utilizam a definição de Arrhenius e propõe-se alguns experimentos com o uso de indicadores. Entretanto, a definição de Arrhenius não explica a mudança de cor dos indicadores em diferentes meios; visto que Arrhenius define ácido e base em termos de soluções eletrolíticas (VOS; PILOT, 2001).

A sequência didática foi dividida em cinco aulas de 50 minutos cada, que ficaram distribuídas da seguinte forma:

1ª aula: aplicação do questionário inicial (Anexo A, pág. 55).

Nesta aula apliquei um questionário para verificar se o problema a ser levantado seria de interesse dos estudantes, envolvendo-os na procura de soluções

e permitindo-os exporem seus conhecimentos anteriormente adquiridos (CARVALHO, 2013).

2ª aula: problematização e levantamento de hipóteses (Anexo B, pág. 56).

Nesta aula dividi a classe em grupos de 5 estudantes e propus o problema: rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?”. Verifiquei se todos os estudantes entenderam o problema a ser resolvido tendo o cuidado de não interferir na resolução do mesmo (CARVALHO, 2013). Um tempo foi dado para que eles pensassem, em seguida, realizei uma discussão com cada grupo para que eles levantassem hipóteses e propusessem um experimento para testá-las (CARVALHO, 2014). A proposta de cada grupo foi recolhida para iniciarmos a leitura e discussão de um texto (Anexo B, pág. 56) relacionado a utilização de indicadores ácido-base. Após a discussão, pedi que cada grupo escrevesse se manteriam ou modificariam o experimento proposto. Novamente, a proposta mantida ou modificada foi recolhida.

3ª aula: discussão das hipóteses e realização dos experimentos (Anexo C, pág. 59).

Nesta aula discuti com toda a turma sobre todos os experimentos propostos, a partir dessa discussão, decidimos qual experimento seria realizado e os procedimentos necessários (CARVALHO, 2014). Neste momento, o foco da aula não foi discutir o conceito a ser ensinado (definição de ácido e base), “mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses [...] e os testes dessas hipóteses [...]” (CARVALHO, 2013, p. 11). Após a realização do experimento, recolhi as respostas dadas pelos grupos para as questões levantadas.

4ª aula: leitura, discussão de um texto e aula teórica interativa (Anexo D, pág. 60).

Nesta aula fizemos a leitura e a discussão do texto sobre a teoria dos indicadores, para sistematização dos conhecimentos abordados. Essa discussão é

importante, pois “ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado” (CARVALHO, 2013, p. 12). Durante a discussão, reforcei a mudança de cor dos indicadores em diferentes meios, utilizando a definição ácido e base de Brønsted-Lowry, e retomando o que foi discutido nos experimentos (CARVALHO, 2013).

5ª aula: produção textual pelos estudantes (Anexo E, pág. 62).

Nesta aula pedi que os estudantes, individualmente, escrevessem um texto sobre o problema levantado na sala de aula, abordassem os aspectos ambientais relacionados ao uso inadequado dos materiais utilizados no experimento e explicassem o impacto causado por eles no meio ambiente. Este momento se refere a sistematização individual do conhecimento (CARVALHO, 2013).

Os estudantes ao longo da sequência didática discutiram entre si em cada grupo e com toda a turma, mediados pela professora e, por fim, realizaram uma produção textual. De acordo com Carvalho (2013, p. 13) citando Oliveira e Carvalho (2005):

O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de Ciências, pois, como o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento.

Durante a aplicação da sequência didática, cada aula foi discutida previamente com o orientador do trabalho, por meio de mensagens eletrônicas e, as informações mais importantes relativas aos aspectos discutidos foram registradas pela professora/pesquisadora.

A sequência didática aplicada visou a problematização, levantamento de hipóteses, testes de hipóteses, por meio da experimentação, trabalho em grupo e registro escrito das ideias, buscando levar o aluno a pensar criticamente e tomar posição em relação ao que é apresentado.

3.2 Contexto da pesquisa

A sequência didática foi aplicada em duas turmas de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual do município de Itacambira (norte de Minas Gerais). A escola foi escolhida por ser pública e retratar as condições gerais da Educação no Brasil. Além disso, pelo fato da pesquisadora ser a professora de Química da escola desde a sua formação como licenciada em Química, conhecendo os estudantes, seus pais ou responsáveis, os professores e demais funcionários da escola.

A professora aplicou a sequência didática para as suas próprias turmas por já participar “da vida normal do grupo pesquisado, da cultura pesquisada” (MOREIRA, 2011, p. 80), visto que, já lecionou para estes estudantes em anos anteriores.

3.2.1 Descrição da escola e público alvo

A sequência didática foi aplicada nos meses de março e abril de 2016 para duas turmas de 2º Ano do Ensino Médio, constituídas de estudantes com idades entre 15 e 16 anos. Uma turma estuda no turno matutino (2º A) e outra no turno vespertino (2º B). A maioria dos estudantes das turmas mora na zona rural, dependendo do transporte escolar para chegarem até a escola. Muitos desses estudantes ainda precisam caminhar longas distâncias para chegarem até o ponto de ônibus.

A escola funciona nos três turnos matutino (7:00 às 11:20), vespertino (11:30 às 15:50), com turmas do ensino fundamental e médio e, noturno (18:30 até às 22:30) com turmas do curso normal. Muitos estudantes das turmas investigadas ajudam os pais nas atividades rurais.

O espaço físico da escola divide-se em: sete salas de aula, uma sala de serviço pedagógico, uma biblioteca, uma sala de informática em desuso, uma sala de vídeo, a secretaria, cantina e refeitório e, dois banheiros (feminino e masculino), que atualmente por motivos de reforma são os mesmos usados pelos professores. A escola não possui laboratório de ciências, esse foi desativado há tempos, restando apenas alguns utensílios (doze tubos de ensaios, dois erlenmeyers, duas estantes para tubos de ensaio, uma balança antiga, três bastões de vidro, uma proveta, três frascos de reagentes, um cálice graduado e um microscópico).

Atualmente, a escola possui vinte e dois professores que trabalham no ensino fundamental e médio. Dois destes são licenciados em Química, mas um deles assume a vice direção da escola. Os demais professores também são habilitados na disciplina que lecionam, com exceção do professor de sociologia e de filosofia que são autorizados. A escola, atualmente, possui 358 estudantes matriculados, sendo uma média de 30 por turma.

3.3 Análise dos instrumentos de coleta de dados

Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados: questionário, atividades escritas dos grupos, produção textual dos estudantes e relato da própria professora/pesquisadora. Esses instrumentos de coleta de dados foram escolhidos, pois nosso objetivo era conhecer o processo de desenvolvimento do ensino (CARVALHO, 2011), no que se refere a investigação das propriedades ácidas ou básicas de materiais. Além disso, discutir o conceito ácido e base.

Não foram realizadas gravações em vídeo, pois a própria professora é a pesquisadora deste trabalho. De acordo com Carvalho (2011), do ponto de vista metodológico, quando se utiliza gravações em vídeo e, o(a) pesquisador(a) é o(a) próprio(a) professor(a), a análise das gravações pode vir carregada por outras informações do(a) pesquisador(a) numa tentativa de justificar os seus comportamentos em sala de aula. Isso leva à interferência na análise dos dados. É importante, entender aqui, que não estamos criticando o uso de gravações em vídeo, mas devido ao tempo disponível para conclusão deste trabalho – caso utilizássemos gravações em vídeo, a professora deveria ficar “imersa” por um tempo na sala de aula com as câmeras utilizadas para que os estudantes acostumassem com as gravações, e não, interferissem nos dados das aulas investigadas (CARVALHO, 2013) – e a natureza do projeto aprovado pelo Comitê de Ética da Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais/Projetos do Curso de Especialização em Ensino de Ciências por Investigação da Faculdade de Educação – no projeto aprovado não estava incluído gravações em vídeo, apenas registros escritos.

Para justificar o método de análise empregado retomaremos o objetivo geral deste trabalho: compreender como uma atividade experimental investigativa pode contribuir para facilitar o entendimento das propriedades ácidas e básicas de

diversos materiais, bem como, o conceito de ácido e base para estudantes do Ensino Médio. Essa compreensão foi construída por meio da análise de registros escritos dos estudantes, empregando a Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2007).

Os textos foram desconstruídos em unidades de sentido e codificados para localização das produções que lhe deram origem. As categorias não foram estabelecidas previamente, mas emergiram a partir do processo de análise e das relações entre as unidades de sentido. Embora, saibamos que essas categorias não estão prontas nos dados e que necessitam de um esforço construtivo e intenso do pesquisador; acreditamos que, dessa maneira, não perderíamos dados significativos a partir do estabelecimento de categorias *a priori*. Essas categorias que emergiram da análise possibilitaram novas compreensões a partir de nossa própria interpretação e dos referenciais teóricos utilizados (MORAES; GALIAZZI, 2007). Após o estabelecimento das categorias, as mesmas foram discutidas e interpretadas e, em muitos momentos para justificar as discussões utilizou-se da transcrição da fala dos estudantes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sequência didática foi desenvolvida em cinco aulas, baseando-se em atividades individuais e em grupos. Para facilitar a compreensão dos dados obtidos neste trabalho e organizar sua discussão foi analisado, primeiramente, o questionário inicial, buscando conhecer as ideias dos estudantes sobre o tema proposto. Em seguida, discute-se a análise dos registros construídos pelos estudantes em grupos para compreender o processo de re-elaboração e socialização de ideias entre os integrantes do grupo. Por fim, discute-se sobre a produção textual dos estudantes, avaliando o entendimento após a realização da sequência didática.

Dos 26 estudantes matriculados na turma do 2º ano A e 24 na turma B; 22 e 24 participaram da 1ª aula (Anexo A, pág. 55), 24 e 22 da 2ª aula (Anexo B, pág. 56), 22 e 24 da 3ª aula (Anexo C, pág. 59), 24 e 24 da 4ª aula (Anexo D, pág. 60) e, 23 e 24 da 5ª aula (Anexo E, pág. 62), respectivamente. Dos estudantes matriculados, apenas 17 da turma A e 19 da B entregaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo F, pág. 63) assinado pelos pais ou responsáveis.

Ao iniciar a sequência didática nas duas turmas a professora/pesquisadora não tinha muita expectativa que os estudantes participassem das discussões por se tratar de uma metodologia diferenciada, visto que as aulas eram pautadas por um método sem discussão, suportado apenas pelas informações do livro didático e sem o levantamento das ideias prévias dos estudantes. Contrariando as expectativas os estudantes se mostraram participativos durante todo desenvolvimento da sequência didática, conforme descrito a seguir.

4.1 Da análise das respostas do questionário inicial

O questionário inicial foi elaborado com cinco questões abertas, sendo as quatro primeiras baseadas na identificação de materiais utilizados no dia a dia e, a última relacionada ao impacto provocado em um certo ambiente por alguns desses materiais.

Como o questionário foi aplicado para estudantes que ainda não conheciam as teorias ácido e base, na primeira questão pretendíamos identificar como eles diferenciavam alguns alimentos no dia a dia, supostamente, por meio de propriedades organolépticas. Não limitamos espaço para respostas e nenhuma informação foi dada previamente para não induzirmos na extensão ou natureza das respostas.

A partir da análise das respostas dos estudantes das duas turmas para a primeira questão foram estabelecidas as categorias indicadas no Quadro 1.

Imagine uma situação em que sua mãe solicitou que você pegasse o vinagre na geladeira para ela. Entretanto, ao abrir a geladeira você deparou com vários líquidos que não possuíam rótulos. Qual o procedimento adotado por você para identificar o vinagre?
Propriedades organolépticas (cheiro e sabor)
Propriedades físicas (densidade, ponto de fusão e de ebulição)
Propriedades químicas (análise de substâncias simples e compostas)

Quadro 1: Categorias identificadas na 1ª questão.

Embora, as propriedades organolépticas não sejam adequadas para identificar as substâncias, nesse caso se tratando de alguns produtos alimentícios os riscos existem se ocorrer uma inalação por um longo tempo ou ingestão excessiva. É necessário esclarecer que não estamos incentivando os estudantes a inalarem e ingerirem vinagre, mas o cheiro e o gosto seriam, basicamente, os procedimentos utilizados por qualquer um na situação apresentada.

Alguns estudantes reconhecem os riscos à exposição de substâncias e mesmo se tratando de um produto alimentício, utilizariam as propriedades físicas para a identificar o vinagre. Percebemos que os estudantes usaram os conhecimentos adquiridos anteriormente como uma possibilidade de resolver o problema proposto. Eles enxergam as propriedades específicas da matéria como o meio mais adequado para identificar as substâncias, uma vez que aprenderam sobre essas propriedades no ano anterior. Entretanto, os estudantes não mencionaram como fariam a identificação do vinagre por meio dessas propriedades. Podemos perceber a dificuldade de explicar o processo, propor experimentos etc. Isso vai ao encontro dos referenciais teóricos discutidos, na qual muitas vezes a experimentação é utilizada apenas para verificação. O estudante não é indagado,

não tem espaço para levantar hipóteses, propor maneiras de resolver o problema, testar suas ideias (CARVALHO, 2013).

As propriedades químicas são mencionadas conforme ilustrado pela transcrição a seguir: *“Sentir o gosto, cheirar, mas o procedimento mais correto seria analisá-lo nos processos de substâncias simples, compostas e outros processos”*. Estabelecemos essa categoria como propriedades químicas, pois ao mencionar substância simples e compostas o estudante associa à constituição da matéria. Podemos inferir que o estudante se refere apenas à classificação do vinagre como uma substância simples ou composta, ele não entende o vinagre como uma solução, portanto, uma mistura homogênea.

Na segunda questão como se tratava de um material de limpeza, esperávamos que os estudantes não mencionassem as propriedades organolépticas, visto que, no rótulo desses produtos existem orientações para não inalar e/ou ingerir. A partir da análise das respostas dos estudantes das duas turmas para essa questão foram estabelecidas as categorias indicadas no Quadro 2.

Imagine outra situação em que sua mãe solicitou que você pegasse água sanitária para ela, mas os materiais de limpeza de sua casa estavam com os rótulos danificados. Você usaria o mesmo procedimento da questão anterior? Explique.
Propriedades organolépticas (cheiro e tato).
Propriedades físicas (densidade, ponto de fusão e de ebulição).
Propriedades químicas (descoramento de um tecido).

Quadro 2: Categorias identificadas na 2ª questão.

Os estudantes ainda utilizaram as propriedades organolépticas para identificar a água sanitária, mas por meio do cheiro e tato. Ao contrário, da primeira questão não mencionam o sabor. Embora, a inalação deva ser evitada, pelo cheiro característico seria possível identificá-la.

As propriedades físicas também seriam utilizadas pelos estudantes, mas como na questão anterior não explicaram como se daria essa identificação.

A resposta transcrita a seguir: *“Faria testes ex:(sic) pegar a água sanitária e colocar em um tecido preto ou qualquer se o tecido começar ficar branco é água sanitária”*, ilustra o uso de propriedades químicas para a identificação da água sanitária. O estudante explica como essa identificação ocorreria, por meio da adição da água sanitária no tecido seguido de seu descolorimento. Provavelmente, alguns

estudantes já presenciaram essa situação, e esse método, seria eficaz e sem riscos para a identificação do material.

Na terceira questão pretendíamos verificar se os estudantes reconheciam a diferença de sabor entre a laranja e a banana. As categorias estabelecidas estão descritas no Quadro 3.

Qual a diferença em termos de sabores quando se ingere uma laranja e uma banana?	
Laranja	Banana
Alimento líquido	Alimento sólido
Azeda	Doce
Ácida	Não tem ácido

Quadro 3: Categorias identificadas na 3ª questão.

Mesmo explicitado na questão a diferença entre os sabores, os estudantes enfatizaram as características do que é, geralmente, ingerido no caso da laranja, o líquido e da banana, o sólido. Muitos estudantes ao realizar a distinção baseada nessa característica justificam-na afirmando que a banana possui “mais massa”. Percebemos claramente que os estudantes, mesmo no 2º ano, associaram o sólido com a massa, esquecendo que o líquido também possui massa.

Os estudantes mencionaram a acidez para a laranja, mas não por que conhecem o conceito de ácido e base, essa distinção faz parte do senso comum e o termo já é utilizado por pessoas que não possuem acesso aos conhecimentos científicos. Isso pode ser percebido pelo fato dos estudantes não mencionarem a característica básica ou alcalina para a banana, visto que esses termos já não são tão comuns.

Na quarta questão pretendíamos verificar se somente as propriedades organolépticas seriam utilizadas pelos estudantes, visto que já indicávamos que as substâncias eram tóxicas. Dessa forma, os estudantes deveriam utilizar outras propriedades para fazer a classificação das substâncias. As categorias que emergiram das respostas dos estudantes estão listadas no Quadro 4.

Imagine que você tivesse que classificar diversas substâncias tóxicas, que apresentassem características semelhantes a laranja ou a banana. Como você faria essa classificação? Explique.
Propriedades organolépticas (cor)
Propriedades físicas (densidade, ponto de fusão e de ebulição)

Quadro 4: Categorias identificadas na 4ª questão.

As categorias não variaram muito quando comparadas com a primeira e segunda questões. Percebemos que os estudantes para as propriedades organolépticas não mencionaram o odor e o sabor devido à toxicidade dos materiais, enfatizando apenas a cor. Conforme já discutido anteriormente não indicaram como usar o ponto de fusão, de ebulição e a densidade para classificar as substâncias.

Na quinta questão esperávamos que os estudantes reconhecessem que ambos materiais, vinagre e água sanitária, impactariam o ambiente, no caso, o aquário. No Quadro 5 estão indicadas as categorias estabelecidas a partir da análise das respostas dos estudantes.

O que acontece se você adicionar água sanitária em um aquário, contendo diversas espécies de peixes? E vinagre?
Morte dos peixes devido à adição de água sanitária.
Morte dos peixes em ambas situações.

Quadro 5: Categorias identificadas na quinta questão.

Pelo fato de utilizarmos o vinagre na alimentação muitos estudantes acreditaram que a sua adição no aquário não vai provocar nenhuma alteração, conforme indicado pela fala de um estudante: *“Como a água sanitária é tóxica imagino que os peixes morreriam. Se jogasse o vinagre imagino que eles não morreriam porque os seres humanos utilizam e não morrem”*.

Mesmo os estudantes afirmando que a água sanitária e o vinagre provocariam alterações no meio, eles não reconheceram a diferença e a influência desses materiais em meio aquoso. Isso já era esperado, visto que eles não estudaram os conceitos pertinentes para essa explicação.

Depois que os estudantes entregaram os questionários respondidos a professora/pesquisadora solicitou aos estudantes que discutissem as questões conforme as respostas descritas no questionário. Em ambas turmas formaram dois grupos os adeptos à utilização das propriedades organolépticas e os contrários. Esse momento proporcionou o debate, a tomada de consciência sobre cada ação e a criação de um ambiente investigativo em sala de aula etc (CARVALHO, 2013).

4.2 Da análise do material produzido pelos grupos de estudantes

Em ambas turmas a professora/pesquisadora ao discutir o questionário inicial não abordou os conceitos ácido e base. Na 2ª aula (Anexo B, pág. 56) a professora/pesquisadora pediu aos estudantes que formassem grupos, apresentou uma situação problema e deu um tempo para que os estudantes propusessem uma solução para o problema apresentado. A formação de grupos de estudantes para levantamento e teste de hipóteses facilitam a comunicação entre os estudantes, pois os mesmos possuem desenvolvimento intelectual semelhante e maior liberdade para propor ideias uns aos outros, do que ao professor (CARVALHO, 2013). Por meio das análises do material produzido pelos grupos de estudantes foi possível estabelecer as categorias indicadas no Quadro 6.

Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?
Propriedades da tabela periódica (metais e não metais)
Propriedades físicas (densidade, ponto de fusão e ponto de ebulição)
Nível de toxicidade
Mistura homogênea e heterogênea
Ácidos e bases

Quadro 6: Categorias identificadas para o problema apresentado na 2ª aula.

Surgiram muitas questões durante essa atividade, como a professora/pesquisadora não interferiu com propostas de solução para o problema, os estudantes de ambas turmas recorreram ao livro didático. Durante a discussão nos grupos, a professora/pesquisadora observou a dificuldade dos estudantes em explicar cada proposta de solução do problema.

Alguns grupos propuseram a solução para o problema por meio das propriedades periódicas, classificando em metais e não metais, conforme indicado a seguir: *“Podem ser agrupados pelas propriedades da tabela periódica não-metais → alimentícios, pois contém; S, Na, cosméticos pois contém Se; os materiais de limpeza que contém Cl, os medicamentos podem entrar nesse grupo também”*. Podemos perceber que os estudantes tiveram dificuldades de explicar a escolha e cometeram alguns equívocos: classificar o sódio (Na) e o selênio (Se) como não metais e consideraram os materiais como sendo formados por um único elemento.

Muitos estudantes ainda afirmam que a organização deve ser feita pelas propriedades físicas: “*Podemos organizá-los de acordo com o ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade*”, mas não explicaram como fariam essa organização.

“*Podem ser organizados como ácidos e bases, ponto de fusão de ponto de fusão, substâncias tóxicas com tóxicas, misturas homogênea com heterogênea*”, os estudantes apresentaram diversas maneiras de se organizar. É interessante notar que, os estudantes mencionam ácidos e bases, mas não por que entenderam o conceito e, provavelmente, pelo fato de terem consultado no livro didático. Acreditamos nisso, pois os estudantes não explicaram como organizariam em ácidos e bases.

Após os estudantes discutirem em grupos uma proposta para a resolução do problema, eles foram solicitados que elaborassem um experimento para diferenciar quimicamente alguns materiais conhecidos. Neste momento vamos de encontro ao referencial teórico, no qual o estudante deixa de ser apenas um observador das aulas, mas passa a atuar nesse processo (CARVALHO, 2013).

Embora, percebemos muitas dificuldades nesta atividade, no entanto apenas uma categoria emergiu dessa análise, conforme descrito no Quadro 7.

Todos nós, provavelmente, em algum momento já utilizamos os materiais abaixo: Suco de limão, Coca-Cola®, Leite de magnésia, Água sanitária, Veja multiuso® e Vinagre. Proponha um experimento para que você possa diferenciá-los quimicamente.
Medir a temperatura de ebulição.

Quadro 7: Categoria identificada para a proposta de um experimento na 2ª aula.

Muitas propostas de experimentos basearam-se apenas na classificação dos materiais, e não, em um experimento descrito de fato. Alguns grupos, mesmo que de uma forma superficial e com alguns erros, propuseram um experimento, como pode ser observado na transcrição a seguir: “*Materiais: tubo de ensaio, esqueiro(sic), algodão, lâmpada, termômetro, mangueira, suporte. Procedimento: Coloque dentro do tubo de ensaio. Coloque fogo no algodão debaixo de ensaio(sic). Com o termômetro mede a temperatura para medir o tempo(sic) de ebulição. O que ebulir primeiro passasse pela mangueira para alcançar do outro lado até ascender(sic) a lâmpada. O que ascender(sic) a lâmpada 1º era menos elevado*”. Os estudantes acreditavam que a chama proporcionada por um algodão é suficiente para levar os

materiais à ebulição, que o líquido ao passar para o estado gasoso acenderá a lâmpada e que a temperatura de ebulição é suficiente para diferenciar os materiais. Desde o início da sequência didática, os estudantes enfatizaram o uso das propriedades físicas para caracterizar os materiais, não percebendo que os mesmos são misturas, ou porque essas propriedades lhes são mais familiares, pois já estudaram anteriormente. Percebemos que os estudantes possuem muita dificuldade para escrever, propor experimentos etc, sugerindo que precisamos utilizar com mais frequência esse tipo de atividade em nossas aulas.

Em seguida, a professora/pesquisadora apresentou um texto para os estudantes sobre os indicadores ácido e base (Anexo B, pág. 56). Ela leu o texto juntamente com os estudantes e solicitou aos grupos que cada um analisasse o experimento proposto anteriormente. Esse momento fornece condições para os estudantes analisarem o que escreveram e pensarem sobre. É importante deixar o estudante errar, isso leva a reflexão e a busca do acerto (CARVALHO, 2013). Ainda de acordo com a mesma autora, “o erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio” (p. 3). Dessa forma, a professora/pesquisadora solicitou que os estudantes escrevessem se manteriam ou modificariam o experimento proposto. As respostas foram unânimes, conforme indicado pela categoria descrita no Quadro 8.

Você mantém o experimento proposto anteriormente, ou modifica-o? Explique.
Modificaría o experimento proposto inicialmente

Quadro 8: Categoria identificada para o experimento proposto no início da 2ª aula.

Os estudantes perceberam que o experimento proposto inicialmente não é o mais adequado e reformularam o experimento, como podemos observar a seguir: *“Modificamos o experimento, pois através da leitura chegamos a conclusão que separando as substâncias através do termômetro, medindo suas temperaturas não seria o método mais eficaz. Logo então concluímos que esses produtos sob ação de determinadas substâncias alteram sua cor. Utilizando papel e tigela transparente, definindo sua cor, identificaríamos que se a cor fosse vermelha, seria meio ácido, verde ou azul - meio básico”*. Os estudantes enfatizam que a leitura do texto foi importante e que a tigela deve ser transparente. Pela escrita dos estudantes

podemos perceber que eles acreditam que a cor das substâncias estão nos materiais utilizados que se alteram, e não, a cor do indicador (dependendo da forma ionizada ou não ionizada). Esses erros dos estudantes já eram esperados, visto que, não tínhamos discutido a teoria envolvida ainda. Percebemos a evolução dos mesmos, pois todos os grupos reconheceram as falhas do experimento proposto anteriormente e propuseram um novo experimento com uma riqueza maior de detalhes. Em nenhum momento mencionamos as teorias ácido e base, apenas discutimos o conceito ácido e base no contexto das alterações macroscópicas.

Os estudantes foram colocados frente à uma situação problema, levantaram hipóteses, propuseram e avaliaram o experimento. Na 3ª aula (Anexo C, pág. 59), em ambas turmas, os estudantes construiriam um experimento juntamente com a professora/pesquisadora. Os materiais utilizados e os procedimentos foram estabelecidos a partir do consenso de todos os grupos com a professora/pesquisadora, conforme indicado pela transcrição a seguir: “ * *Materiais:* * *Soluções indicadoras:* . *Extrato de repolho roxo* . *Fenolftaleína* * *Substâncias:* . *Suco de limão* . *Coca-Cola* . *Leite Magnésio(sic)* . *Água Sanitária* . *Veja Multi-uso(sic)*. *Vinagre* * *Utensílios:* 2 seringas 12 copos transparentes * *Procedimentos* * 1º Colocar as substâncias nos copos identificados. 2º Testar com o indicador natural (Extrato de repolho roxo). 3º Testar com o indicador fenolftaleína. 4º Observação (cores). 5º escrever a conclusão”. Embora, tenhamos percebido uma evolução da descrição do experimento pelos estudantes, eles ainda consideram os materiais, como por exemplo, suco de limão, coca-cola etc como substâncias.

Em ambas turmas, os próprios estudantes realizaram o experimento. Após o término do experimento os estudantes deveriam responder uma questão relacionada às cores dos sistemas estudados. A partir da análise das respostas foi possível categorizá-las como indicado no Quadro 9.

Baseado nas cores dos sistemas finais, há semelhanças entre quais materiais? E as diferenças?
As cores de todos os sistemas ficaram diferentes.
Veja, água sanitária e leite de magnésia possuíram a mesma cor, que foi diferente da cor observada para o vinagre, coca-cola e suco de limão.

Quadro 9: Categorias identificadas para o experimento realizado na 3ª aula.

De acordo com a primeira categoria podemos inferir que os estudantes não entenderam a pergunta. Eles compararam as cores iniciais dos materiais com as

cores finais, após a adição dos indicadores, e não, as semelhanças ou diferenças de cores entre os materiais. Acreditamos nessa ideia devido as respostas fornecidas pelos estudantes, conforme ilustrado a seguir: *“Diferenças p(sic) todas as substâncias ficaram de cor diferente menos a coca-cola. Semelhanças p(sic) coca não mudaram de cor”*. A mudança de cor na coca-cola é mais difícil de ser percebida, por isso o estudante considera que não houve alteração de cor para a coca-cola, afirmando que a coca-cola é neutra.

A maioria dos grupos de ambas as turmas citaram as diferenças e as semelhanças existentes entre os materiais de acordo com os indicadores utilizados. Por fim, classificaram esses materiais como pertencentes a um mesmo grupo por possuírem colorações semelhantes, como por exemplo: *“Em relação ao indicador repolho roxo, deduzimos que coca-cola e vinagre são semelhantes, pois possuem cores iguais (vermelho). Por outro lado, vimos que o Leite(sic) de Magnésio(sic), Água(sic) Sanitária(sic), veja multioso são componentes de um mesmo grupo, pois se assemelham a uma mesma cor (verde). Com o indicador fenofitaleína(sic) reparamos que o leite de Magnésio(sic), Água(sic) Sanitária(sic) e Veja(sic) Multioso(sic) adquiriram a mesma cor (rosa). E a coca-cola e o vinagre adquiriram cores semelhantes também (marrom claro)”*. Mesmo os estudantes esquecendo de mencionar o suco de limão eles agruparam corretamente os materiais de acordo com as cores observadas, após a adição dos indicadores utilizados. A coloração da coca-cola e do vinagre se mantém, pois a fenolftaleína em meio ácido, é incolor não alterando a cor do sistema. De um modo geral, os estudantes afirmaram que a mudança de cor ocorre com o material utilizado, e não, com o indicador.

Na 4ª aula (Anexo D, pág. 60) a professora/pesquisadora solicitou a leitura e discussão de um texto sobre a teoria dos indicadores para sistematização dos conceitos estudados. Após a leitura e discussão do texto, a professora/pesquisadora enfatizou que a mudança de cor está relacionada ao indicador, e não, ao material utilizado nos experimentos. Além disso, discutiu a definição ácido e base de Brønsted-Lowry por meio de uma aula expositiva. Em seguida, ela pediu que os estudantes explicassem a mudança de cor dos indicadores em diferentes meios. De acordo com as respostas dos estudantes foi possível estabelecer as categorias descritas no Quadro 10.

Baseada na teoria discutida com a sua professora, por que há variação de cor de um indicador
--

quando o meio é ácido ou básico?
Os indicadores são os responsáveis pela mudança de cor.
Protonação de uma das formas.
A cor da forma ionizada do indicador difere se sua forma não ionizada.

Quadro 10: Categorias identificadas para a questão proposta na 4ª aula.

Percebemos uma evolução dos estudantes em relação ao entendimento sobre os indicadores, eles reconheceram que a mudança de cor do sistema ocorre pelo o indicador, e não, pelo ácido ou a base que está sendo investigado. Essa afirmação, pode ser ilustrada pela transcrição a seguir: *“Pois os indicadores ácido-base são ácidos e bases muito fracas. O que realmente muda de cor é o indicador”*.

Muitos estudantes explicaram baseando-se na transferência de H^+ , conforme indicado a seguir: *“Porque ele entra na fase protonada transformando-se em H^+ ”*. Podemos inferir que os estudantes se referem a toda espécie que foi protonada como sendo transformada em H^+ , devido à sua transferência. Embora, há uma certa confusão nessa resposta, os estudantes explicaram a diferença das cores baseando-se na forma protonada ou desprotonada do indicador.

Os estudantes de ambas as turmas reconheceram a natureza dos indicadores ácido e base, e as diferenças entre as cores explicando pela predominância de uma cor na forma ionizada e outra na forma não ionizada, conforme ilustrado pela seguinte transcrição: *“Os indicadores são ácidos e bases fracas cuja a cor da forma não-ionizada difere da forma ionizada”*.

Percebemos que os estudantes utilizaram a definição de ácido e base para explicar as diferenças de cores dos indicadores em diferentes meios.

A professora/pesquisadora retomou o problema inicial verificar se os estudantes utilizariam os conceitos estudados. As repostas foram categorizadas conforme indicado no Quadro 11.

Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?
Propriedades organolépticas (cor, cheiro e tato)
Materiais naturais e sintéticos
Propriedades químicas (ácidos e bases)

Quadro 11: Categorias identificadas para a retomada do problema inicial na 4ª aula.

Percebemos que novas categorias emergiram e uma se manteve. As propriedades organolépticas ainda foram utilizadas por grupos de ambas as turmas, como por exemplo: *“Pela cor, pelo cheiro, textura”*.

Uma categoria que emergiu em ambas as turmas foi a classificação em termos de materiais naturais e sintéticos, conforme indicado na transcrição a seguir: *“Quimicamente podemos separa-los(sic) em medicamentos naturais e medicamentos industrializados, alimentos naturais e alimento industrializado, materiais de limpeza normalmente são industrializados, então poderia colocar em um canto como produtos de limpeza”*. Acreditamos que os estudantes propuseram essa forma de classificação, após o contato com o texto sobre os indicadores naturais e sintéticos. Ao invés, dos estudantes utilizarem os mesmos para classificarem os materiais eles estabeleceram uma classificação baseada na própria classificação dos indicadores, em naturais e sintéticos.

A categoria relacionada à classificação em ácidos e bases foi mencionada por diversos grupos, o que pode indicar uma evolução dos conceitos discutidos e uma possível solução para o problema apresentado. Essa afirmação pode ser justificada pela seguinte transcrição: *“Através de grupos ácidos ou bases usando indicadores”*.

Em ambas turmas a professora/pesquisadora recolheu as respostas dos grupos e fez uma discussão geral. As outras definições ácido e base não foram discutidas, pois o objetivo era explicar quimicamente a ação dos indicadores, que foi feito pela definição ácido e base de Brønsted-Lowry. Esse foi o momento de sistematização coletiva do conhecimento, no qual os estudantes escutam as opiniões dos colegas de diferentes grupos, lembrando todas as etapas e (re)construindo o conhecimento (CARVALHO, 2013).

4.3 Da análise da produção textual dos estudantes

Reconhecemos que durante as discussões os estudantes podem ter sido induzidos a mencionar a classificação por meio das propriedades químicas, no que se refere a ácidos e bases. Dessa forma, a professora/pesquisadora solicitou os estudantes que produzissem, individualmente e sem consulta ao materiais construídos, na 5ª aula (Anexo E, pág. 62) um texto sobre os conceitos discutidos.

De acordo com Carvalho (2013) esse momento de sistematização individual dos conceitos é fundamental para o processo ensino e aprendizagem.

Por meio da análise das produções textuais dos estudantes de ambas turmas, foi possível estabelecer as categorias listadas no Quadro 12.

Escreva um texto, mínimo de 20 linhas, respondendo a questão inicial: “Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?” Além disso, neste texto, você deve abordar os aspectos ambientais relacionados ao uso inadequado destes materiais e explicar o impacto causado por alguns no meio ambiente.
Elogios à sequência didática realizada.
As propriedades organolépticas não são adequadas para identificar as substâncias.
O uso dos indicadores para diferenciar ácidos e bases.
Definição dos indicadores.
A mudança de cor ocorre em função da ionização do indicador.
Definição de ácido e base de acordo com Brønsted-Lowry, indicando a transferência do próton.
Definição de ácido e base de acordo com Brønsted-Lowry, indicando a necessidade de ambos.
Contaminação do solo, rios e mares por ácidos e bases.
Chuva ácida.

Quadro 12: Categorias identificadas para a produção textual dos estudantes na 5ª aula.

Mesmo que algumas categorias estabelecidas não estejam diretamente ligadas ao que foi solicitado para a elaboração da produção textual, elas serão discutidas a seguir.

“No começo desse trabalho eu estava com uma ideia totalmente diferente do final”. Os estudantes reconhecem que suas ideias precisavam ser (re)construídas e que a sequência didática foi relevante para essa (re)construção. Não estamos afirmando que com a sequência didática os estudantes aprenderam os conceitos abordados, mas um momento para reflexão, discussão e elaboração de novas ideias foi dado aos estudantes. Consideramos que novas ideias foram elaboradas mediante a transcrição do tipo: *“Descobri que identificar uma substância ácido-base(sic) pelo gosto é muito perigoso, pois alguns podem ser altamente tóxico(sic) e podem matar, como o ácido sulfúrico e o hidróxido de sódio. As propriedades como paladar e olfato não podem ser utilizadas para identificar ácidos(sic) e bases”*. Os estudantes reconheceram que identificar substâncias pelas propriedades organolépticas não é o método mais adequado, que em algumas situações oferecem riscos à própria saúde. Além disso, apontam uma proposta para essa identificação,

“Descobrimos que a maneira mais adequada é indicar a substância por por ácido-base(sic), utilizando indicadores”. É interessante notar que, os estudantes também explicaram o que são esses indicadores, “Todo indicador ácido-base são ácido-base(sic) muito fracas”. “Todo indicador natural em meio(sic) base(sic) fica azul ou verde, em ácido vermelho ou rosa”. Embora, os estudantes generalizaram que em meio básico a cor predominante é azul ou verde e, que em meio ácido, vermelho ou rosa, eles perceberam as diferenças entre os meios. Essa generalização não está correta, pois não existem relações entre as cores verde e azul para bases, e vermelha ou rosa para ácidos.

“O que realmente muda de cor é o indicador, ao mudar de cor a substância se torna ionizada”, essa descrição configura mais uma evolução das ideias dos estudantes, que acreditavam que a mudança de cor estava relacionada ao meio, e não, ao indicador. Percebemos ainda que, os estudantes utilizaram a definição de Brønsted-Lowry para explicarem a diferença de cor dos indicadores nos meios, ácido e básico. Um ponto marcante a partir da análise da produção textual dos estudantes foi perceber que, eles reconheceram que a definição de Brønsted-Lowry envolve a transferência do próton e só há um ácido se houver uma base e vice-versa. Isso pode ser confirmado pela transcrição a seguir, “De acordo com a teoria Bronsted-Lowry, o ácido doa H^+ e a base recebe H^+ , um ácido só é ácido se existir uma base e vice-versa”.

Os estudantes reconheceram o impacto provocado no ambiente por alguns ácidos, *“O ácido sulfúrico, presente em baterias de carro, também presente em chuva ácida causam desnaturação(sic) das plantas e aumenta a acidez da água dos rios, fazendo(sic) inviável a sobrevivência de seres nesse meio”.* Embora, os estudantes considerem a desnaturação das plantas e não das proteínas, o que acarreta prejuízos para a plantas, eles citaram exemplos e explicaram que a presença do ácido aumenta a acidez da água. É importante ressaltar que, o conceito de pH não foi discutido na sequência didática.

Ao compararmos as análises realizadas ao longo da sequência didática percebemos uma evolução das respostas, muitas vezes fundamentadas em conhecimentos científicos discutidos no contexto das atividades em grupos e individuais.

Dada a oportunidade aos estudantes de conhecerem novas questões, formas de pensar, por meio do erro e sua reflexão, leva a avaliação de suas ações e formas de interpretação. Dessa forma, a problematização surge como um processo de ampliação de conhecimentos.

5 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi compreender o processo de ensino de uma sequência didática para estudantes do 2º Ano do Ensino Médio, com foco no ENCI para abordar o uso de indicadores e a discussão do conceito ácido e base.

Como o ENCI se caracteriza pela participação dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, fundamentamos nosso trabalho em ações voltadas para essa participação. Entretanto, em algumas atividades, como proposta de soluções para um problema e, principalmente, sugestão de experimentos, percebemos muitas dificuldades por parte dos estudantes. Isso pode indicar a ausência de atividades desse tipo proposta a esses estudantes.

No que se refere a comparação entre as duas turmas de 2º ano A e B não percebemos diferenças significativas, que mereceriam ser discutidas ao longo do trabalho. Reconhecemos que mesmo sendo a mesma professora/pesquisadora a aplicar a mesma sequência didática para os estudantes das duas turmas, cada uma possui suas especificidades e que a dinâmica da sala de aula não é a mesma. Entretanto, durante a análise dos registros escritos observamos que as ideias dos estudantes de ambas turmas são semelhantes, o que justifica a análise conjunta.

Ao compararmos as análises no percurso da sequência didática observamos uma evolução e uma riqueza de detalhes que antes não era notada. Dessa forma, acreditamos que a sequência didática pode ter sido importante para isso. Não afirmamos que as aulas foram interessantes para todos os estudantes e que elas levaram a todos e todas se posicionaram corretamente sobre o tema abordado, mas podemos afirmar que as aulas ocorreram com mais debates, diálogos, reflexões e participações dos estudantes.

Em relação aos conceitos químicos discutidos nossas expectativas foram superadas, visto que, os estudantes reconheceram pontos fundamentais do que pretendíamos discutir, tais como: há maneiras mais eficazes e seguras do que as propriedades organolépticas para a identificação dos materiais, no caso a caracterização química; a mudança de cor de um indicador está relacionada à sua forma no meio em questão; um ácido de Brønsted-Lowry doa o próton (H^+) apenas se houver uma base para aceitá-lo e vice versa e, e a contaminação de ácidos e bases no ambiente, pode provocar sérios problemas.

Uma limitação que percebemos em nosso estudo está relacionada com o fato de não podermos discutir se em outro contexto os estudantes teriam apresentado os conceitos químicos utilizados. Portanto, nosso trabalho não encerra aqui, mas é o um ponto de partida para que outros professores e professoras nos ajudem a compreender o processo de construção do conhecimento químico, e no caso em questão, do conceito ácido e base.

6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. 7ª reimpressão. São Paulo: Cengage Learning, 2015. Cap. 2. p.19-34.

BELL, Beverly; BRADLEY, John D.; STEENBERG, Erica. Chemistry Education Through Microscale Experiments. In: García-Martínez, Javier; Serrano-Torregrosa Elena (Eds.). **Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2015. Cap. 22. p.539-561.

CANTO, Eduardo Leite; PERUZZO, Francisco Miragaia. **Química na Abordagem do Cotidiano**. São Paulo: Ed. Moderna, 2010.

CAPECCHI, Maria Candida Varone de Moraes. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 2. p. 21-40.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Calor e Temperatura: um ensino por Investigação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 146p.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 1. p. 1-20.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos; GRECA, Ileana María. **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias**. 2. ed. rev. Ijuí: Editora Unijuí, 2011. p. 13-47.

EUBANKS, Lucy P. Laboratory Instruction: Less Verification–More Discovery. In: Orna, Mary Virginia (Ed.). **Sputnik to Smartphones: A Half-Century of Chemistry Education**. Washington, DC: American Chemical Society: ACS Symposium Series, 2015. Cap. 11. p.195-217.

FELTRE, Ricardo. **Química Geral**. São Paulo: Moderna, 2004.

FONSECA, Martha Reis da. **Química – Meio Ambiente – Tecnologia – Cidadania**. São Paulo: Ed. FDT, 2010.

HAWKES, Stephen J. Arrhenius Confuses Students. **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 7, p. 285-287, 1992.

HOE, Kai Yee; RAMANATHAN, Subramaniam. On the prevalence of alternative conceptions on acid-base chemistry among secondary students: Insights from cognitive and confidence measures. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, p. 263-282, 2016.

HOFSTEIN, Avi; KIPNIS, Mira; ABRAHAMS, Ian. How to learn in and from science laboratories. In: EILKS, Ingo; HOFSTEIN, Avi (Eds) **Teaching chemistry: a study book**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013. Cap. 6. p 153-182.

IUPAC. **Report of the Education Strategy Development Committee**, p. 8, 2000.

KOUSATHANA, Margarita; DEMEROUTI, Margarita; TSAPARLIS, Georgios. Instructional Misconceptions in Acid-Base Equilibria: An Analysis from a History and Philosophy of Science Perspective. **Science & Education**, v. 14, p. 173-193, 2005.

LAMBA, Ram S. Inquiry-Based Student-Centered Instruction. In: GARCÍA-MARTÍNEZ, Javier; SERRANO-TORREGROSA, Elena (Eds.). **Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2015. Cap. 12. p. 301-318.

MOREIRA, Marco Antônio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. 243p.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química**. São Paulo: Editora Scipione, 2008. 398p.

PAIK, Seoung-Hey. Understanding the Relationship Among Arrhenius, Brønsted–Lowry, and Lewis Theories. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 9, p. 1484-1489, 2015.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2004. 222p.

SZABADVÁRY, F. Traduzido por OESPAR, R. E. Indicators: a historical perspective. **Journal of Chemical Education**, v. 41, n. 5, 285-287, 1964.

TÜMAY, Halil. Emergence, Learning Difficulties, and Misconceptions in Chemistry Undergraduate Students' Conceptualizations of Acid Strength. **Science & Education**, v. 25, p. 21-46, 2016.

VOS, Wobbe de; PILOT, Albert. Acids and Bases in Layers: The Stratal Structure of an Ancient Topic. **Journal of Chemical Education**, v. 78, n. 4, p. 494-499, 2001.

ANEXOS

1ª aula: Questões iniciais

Antes de iniciarmos nossas atividades, peço que respondam as questões abaixo com muita atenção.

Estudante: _____

Escola: _____

Data: _____ **Série:** _____ **Turno:** _____

Professora/Pesquisadora: Cleuzane Ramalho de Souza

- 1) Imagine uma situação em que sua mãe solicitou que você pegasse o vinagre na geladeira para ela. Entretanto, ao abrir a geladeira você deparou com vários líquidos que não possuíam rótulos. Qual o procedimento adotado por você para identificar o vinagre?
- 2) Imagine outra situação em que sua mãe solicitou que você pegasse água sanitária para ela, mas os materiais de limpeza de sua casa estavam com os rótulos danificados. Você usaria o mesmo procedimento da questão anterior? Explique.
- 3) Qual a diferença em termos de sabores quando se ingere uma laranja e uma banana?
- 4) Imagine que você tivesse que classificar diversas substâncias tóxicas, que apresentassem características semelhantes a laranja ou a banana. Como você faria essa classificação? Explique.
- 5) O que acontece se você adicionar água sanitária em um aquário, contendo diversas espécies de peixes? E vinagre?

Numere cada questão e responda abaixo.

Anexo B - 2ª aula: Problema e levantamento de hipóteses

Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?

Todos nós, provavelmente, em algum momento já utilizamos os materiais abaixo:

- | | |
|---------------------|------------------|
| - Suco de limão | - Água sanitária |
| - Coca-Cola® | - Veja multiuso® |
| - Leite de magnésia | - Vinagre |

Proponha um experimento para que você possa diferenciá-los quimicamente.

Indicadores ácido-base: uma perspectiva histórica¹

Uma das operações mais comuns do químico é mergulhar um pedaço de papel indicador em uma solução. Esta é uma técnica antiga, contando com mais de três séculos. De acordo com o nosso conhecimento, Robert Boyle (1627-1691) foi o primeiro a empregar vários vegetais como indicadores naturais, tanto sob a forma de soluções como papeis indicadores.

Indicadores ácido-base naturais

A capacidade de certos vegetais mudarem a cor dependendo do meio já era conhecido no século XVI, talvez mais cedo. Tais vegetais foram empregados na França para o tingimento da seda. Provavelmente, observou-se que muitas soluções desses vegetais alteravam a sua cor, sob a ação de determinadas substâncias. No entanto, o fato de que em meio ácido a cor era vermelha e em meio básico, verde ou azul teve pouco significado na época, uma vez que os conceitos de "ácido" e "base" ainda não tinham sido definidos. A elucidação desses conceitos químicos, iniciou-se no século XVII. A divisão dos compostos em categorias, tais como: ácidos, bases, sais etc, começou com tentativas de definir essas classes (um esforço que ainda não chegou a sua conclusão). Observou-se que determinados compostos apresentavam um comportamento (mudança de cor, principalmente) semelhante para certos materiais e diferente para outros. A definição mais antiga e mais clara de "ácidos" é a definição dada por Boyle, que afirmou entre outras características, que os ácidos mudam a cor das soluções de vegetais para vermelho.

Boyle escreveu, frequentemente, sobre os usos de soluções de vegetais como indicadores, especialmente, em seu livro "Experiências sobre cores" (1663). Ele empregou soluções de violetas, rosas, pau-brasil, cochonilha etc.

Indicadores ácido-base sintéticos

O desenvolvimento da Química Orgânica durante a segunda metade do século XIX, contribuiu para o fortalecimento da indústria de corantes sintéticos, e entre seus produtos muitos funcionavam como indicadores. O primeiro indicador sintético de sucesso foi a fenolftaleína, sugerido por E. Luck em 1877. O alaranjado de metila foi proposto no ano

¹ Tradução parcial e adaptada para fins didáticos do texto de Szabadváry, F. Tradução para o inglês, Oespar, R. E. Indicators: a historical perspective. Journal of Chemical Education, v. 41, n. 5, 285-287, 1964.

seguinte por G. Lunge. Em 1893, um documento mencionava 14 indicadores sintéticos. Muitos indicadores foram produzidos e a diferença no comportamento dos mesmos tornou-se mais evidente, conduzindo ao desenvolvimento da teoria de indicadores.

Você mantém o experimento proposto anteriormente, ou modifica-o? Explique.

Anexo C - 3ª aula: Debatendo as hipóteses e realizando o experimento

Após discussão com os demais grupos e o professor, escreva os procedimentos para o experimento que foi consenso dentre todos os propostos. Realize o experimento e discuta com o seu grupo.

Baseado nas cores dos sistemas finais, há semelhanças entre quais materiais? E as diferenças?

Anexo D - 4ª aula: Continuando e discutindo o texto

Teoria dos indicadores

Os químicos utilizaram os indicadores por séculos, aparentemente, sem saber por que as mudanças de cor ocorriam. Wilhelm Ostwald foi o primeiro (1894) a tentar uma explicação. Além disso, ele fez esforços para fornecer fundamentos teóricos para a Química Analítica, um ramo que até então tinha sido uma disciplina puramente empírica. Ele postulou que os indicadores são ácidos ou bases fracas cuja a cor da forma não-ionizada difere da forma ionizada. Novas teorias sobre ácidos e bases foram discutidas ao longo do tempo, e as ideias sobre a ação dos indicadores também.

Existem diversas teorias ácido-base e cada uma foi proposta em um contexto e, não de uma forma progressiva e cumulativa.

Para o contexto de nossa atividade, vamos discutir uma delas!

A teoria sobre ácidos e bases que vamos discutir aqui, foi desenvolvida a partir das propostas feitas em 1923 por Johannes Nicolaus Brønsted (na Dinamarca) e Thomas Martin Lowry (na Inglaterra). Estes pesquisadores propuseram uma definição baseada no papel dos íons hidrogênio (H^+ , comumente chamado de próton) em sistemas ácido-base. A definição de ácido e base de acordo com Brønsted-Lowry pode ser descrita da seguinte maneira:

Um ácido é uma substância em que um próton (H^+) pode ser removido por uma base.

Uma base é uma substância que pode remover um próton (H^+) de um ácido.

De acordo com essa definição, um ácido só se torna um ácido em presença de uma base e, a base só se torna uma base em presença de um ácido. Dessa maneira, a definição de Brønsted-Lowry está relacionada ao processo (o H^+ do ácido removido pela base) e, não a matéria (a substância ácida ou básica).

Discuta com a sua professora os casos a seguir:

- adição de ácido clorídrico em água;
- adição de amônia em água e,

- adição de ácido clorídrico em amônia

Utilize a linguagem química para explicar o ocorrido e defina as espécies em ácidas ou básicas de acordo com Brønsted-Lowry.

Baseada na teoria discutida com a sua professora, por que há variação de cor de um indicador quando o meio é ácido ou básico?



Retomando a questão inicial: “Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los”?



Anexo E - 5ª aula: O que aprendemos?

Estudante: _____

Escola: _____

Data: _____ **Série:** _____ **Turno:** _____

Professora/Pesquisadora: Cleuzane Ramalho de Souza

Escreva um texto, mínimo de 20 linhas, respondendo a questão inicial: “Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?” Além disso, neste texto, você deve abordar os aspectos ambientais relacionados ao uso inadequado destes materiais e explicar o impacto causado por alguns no meio ambiente.

Anexo F - AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Eu, NOME DA DIRETORA, RG _____, diretora do Colégio XXXXX, recebi a visita do professor XXXXXX, aluno da Especialização em Ensino de Ciências por Investigação, da Universidade Federal de Minas Gerais, que solicitou permissão para realizar, nessa Instituição de Ensino, sua pesquisa. O pesquisador me apresentou o projeto intitulado "xxxxxxxx", que tem por objetivo XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX. O projeto ocorrerá DURA, com duração prevista para XXXXX, em consenso com a professora XXXXXXX da disciplina de XXXXXXX (CASO VOCÊ FOR ACOMPANHAR OUTRO PROFESSOR). Estou ciente de que o trabalho envolverá a participação ativa dos alunos no desenvolvimento das atividades propostas pelo professor e o pesquisador. Segundo o pesquisador, eu e minha equipe pedagógica poderemos participar de todas as instâncias do planejamento das aulas, incluindo implementação e análise. O pesquisador esclareceu que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela participação dos sujeitos. Assegurou a privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Estou ciente de que os nomes dos alunos, do professor, de funcionários ou da escola não serão citados em nenhum documento produzido no processo, pois o pesquisador resguardará pelo sigilo e anonimato. Comunicou que os resultados da pesquisa serão divulgados para todos os participantes do projeto e demais interessados, em dia e local que eu definir.

Sinto-me esclarecido em relação à proposta e concordo em participar voluntariamente desta pesquisa. Reconheço sua importância e as possíveis contribuições que poderá trazer ao processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Sendo assim, autorizo a realização da pesquisa nesta Instituição.

Belo Horizonte, _____ de _____ de _____.

NOME DO DIRETOR – RG: _____

Diretor do XXXXXXX- ENDEREÇO- email:

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - PAIS E/OU RESPONSÁVEIS POR ALUNOS (AS)

Caro pai, mãe ou responsável pelo (a) aluno (a) _____,

Eu, Professor XXXXXXXXX, aluno da Especialização em Ensino de Ciências por Investigação da Universidade Federal de Minas Gerais, gostaria de convidar seu (sua) filho (a) a participar da pesquisa "*Nome da pesquisa*". Estive em contato com a Direção da Escola e com os Professores de seu (sua) filho (a) e obtive a colaboração e o consentimento de ambos para a realização deste estudo. Esta pesquisa tem por objetivo xxxxxxxx. Acreditamos que a Pesquisa será importante pois contribuirá ainda mais para a aprendizagem de seu (sua) filho (filha). As aulas ocorrerão nos horários habituais no ano letivo de XXXX. Participarão deste trabalho os (as) alunos (as) que, voluntariamente, assim o decidirem e contarem com o consentimento dos senhores pais ou responsáveis. O (a) aluno (a) terá seu anonimato garantido, pois serão utilizados pseudônimos no lugar dos nomes e, assim, as informações que fornecerem não serão associadas ao nome em nenhum documento. A participação do (a) aluno (a) não envolverá qualquer natureza de gastos. Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinado em duas vias, sendo que uma das vias ficará com o (a) senhor (a) e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Desde já agradecemos a sua colaboração.

Nome do pesquisador/ RG
Pesquisadora Principal
email - (31) telefone
Universidade Federal de Minas Gerais

Nome do Orientador / RG
Orientador da Pesquisa
email - (31) telefone
Universidade Federal de Minas Gerais

A U T O R I Z A Ç Ã O

Após a leitura do documento acima (**CARTA CONVITE DE PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**), declaro que estou suficientemente esclarecido (a) sobre a pesquisa: "*nome da pesquis*", seus objetivos e metodologia e que concordo com a participação do (a) aluno (a) abaixo identificado (a).

Nome do(a) aluno(a): _____

Nome do(a) responsável: _____

Assinatura do(a) responsável: _____

C.I.: _____ CPF _____