

HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS CIENTÍFICOS DA QUÍMICA: O CASO DA POTASSA NO SÉCULO XVIII

HISTORY OF SCIENCES AND MEANINGFUL LEARNING IN CHEMICAL SCIENTIFIC KNOWLEDGE: THE CASE OF POTASH IN THE EIGHTEENTH CENTURY

LAIS JUBINI CALLEGARIO*
ISABEL MALAQUIAS**
FERNANDO JOSÉ LUNA***

RESUMO

Relatamos neste artigo um estudo que teve como propósito elaborar, aplicar e avaliar uma sequência didática baseada no episódio histórico da potassa para o ensino de química em nível médio. Pretendíamos verificar se a abordagem contextualizada historicamente seria capaz de promover a aprendizagem de conceitos científicos e aspectos da natureza da ciência. O planejamento da sequência fundamentou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa e em alguns referenciais de História das Ciências para o ensino de ciências. A metodologia da pesquisa seguiu a abordagem qualitativa, sendo os dados obtidos a partir das respostas dos alunos às questões propostas e das gravações em áudio das discussões realizadas. A análise dos dados foi feita de acordo com a Análise Textual Discursiva (ATD), originando dois metatextos que mostraram que a sequência didática foi eficiente para a inserção e discussão de importantes aspectos da natureza da ciência e para a aprendizagem conceitual dos alunos. De modo geral, observamos uma melhoria nos discursos dos alunos em relação a incorporação de novos conceitos ou reformulação de ideias sobre as questões discutidas. Esperamos que esta pesquisa possa estimular o desenvolvimento de outras metodologias de ensino e que sejam capazes de promover uma educação científica de qualidade.

Palavras-chave: Sequência didática. Aprendizagem significativa. Ensino de química. História das Ciências. Sais

ABSTRACT

This article deals with the history of potash, which was probably the most important chemical commodity in the 18th century. Here we present how to design, implement, and evaluate a historically-based didactic sequence for the teaching of high school chemistry. Our intent is to assess whether an approach which was historically contextualized would improve the learning of chemistry concepts as well as aspects of the nature of science. The didactic sequence was designed following the Meaningful Learning Theory and on the most recent references concerning the use of History in science teaching. Using a qualitative research methodology, we procured data from written interviews of our students, who answered multiple questions, and from the audio recordings of classroom discussions. Data analysis was carried out according to Textual Discourse Analysis, which resulted in two metatexts that showed that the didactic sequence was efficient for the introduction of important aspects of the nature of science and for an effective learning of chemistry concepts. In general, we observed an improvement in students' speeches regarding the grasping of new concepts or the reformulation of ideas on the issues discussed. We hope that this research can further stimulate the development of better teaching methodologies for the promotion of quality scientific education.

Keywords: Didactic sequence. Meaningful learning. Chemistry teaching. History of Science. Salts.

* Doutora em Ciências Naturais. Instituto Federal do Espírito Santo, campus Piúma. E-mail: lcallega-rio@ifes.edu.br. Orcid: 0000-0003-0534-0357

** Doutora em Física. Universidade de Aveiro, Portugal. E-mail: Imalaquias@ua.pt. Orcid: 0000-0002-3179-0282

*** Doutor em Ciências. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. E-mail: fernando@uenf.br. Orcid: 0000-0003-1997-7869

INTRODUÇÃO

É comum ouvirmos os alunos dizerem que estudam Química, ou outras disciplinas da área de Ciências da Natureza, porque ela está inserida no currículo e é obrigatória, sendo necessário aprendê-la para serem aprovados nas provas exames vestibulares. Esse “aprender” na maioria das vezes está associado a memorização de fórmulas, na definição de leis e conceitos de maneira desarticulada, que reduzem a aprendizagem a um processo automatizado, fortemente enraizado no ensino tradicional¹.

Os currículos escolares têm privilegiado fortemente os aspectos conceituais, desvinculados de suas origens científicas e de qualquer contexto social e/ou tecnológico. Estão presentes em um número excessivo e não inter-relacionados, onde o aluno não consegue compreendê-los e relacioná-los logicamente numa estrutura mais ampla que dê significado à aprendizagem química (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

Na tentativa de minimizar as deficiências desse ensino tradicional e romper com o círculo vicioso que o caracteriza, tem sido preconizado a renovação do ensino de ciências e a necessidade de o professor adotar uma nova postura didático-metodológica em suas aulas, buscando metodologias capazes de promover uma aprendizagem mais significativa dos conceitos científicos e que motive os alunos a aprender, envolvendo-os ativamente nas disciplinas consideradas por eles como de difícil compreensão (CACHAPUZ et. al., 2005). Além disso, busca-se um ensino que permita introduzir discussões acerca da natureza do conhecimento científico em sala de aula, visando problematizar as concepções de ciência dos alunos, amplamente difundidas pela mídia e aceitas socialmente e que o próprio ensino de ciências reforça, ativa ou passivamente.

Estas visões que estão, em geral, associadas a ideia de uma ciência neutra, objetiva e racional, com um método científico único, construída a partir da obra de gênios isolados e considerada como verdade absoluta, vêm sendo criticadas desde as primeiras décadas do século XX (FORATO, 2009) e compõem o que Gil-Perez e colaboradores (2001) consideram como visões deformadas ou ingênuas do trabalho científico. Essas concepções são fundamentadas a partir das discussões e reflexões produzidas por filósofos contemporâneos da ciência, como Popper, Kuhn, Bunge, Toulmin, Lakatos, Laudan, Giere, entre outros.

Neste sentido, o uso da história das ciências no contexto do ensino de ciências tem sido apontado na literatura como um recurso que tem contribuído para a aprendizagem de conceitos científicos. Na maioria das vezes, os conceitos, fórmulas ou equações são apresentados em sala de aula de forma descontextualizada, dificultando a sua compreensão e através da abordagem histórica pode-se dar maior significado a esses conhecimentos, em função do contexto da época, dos problemas envolvidos, etc. (MARTINS, 2006; VANNUCCHI, 1996; MATTHEWS, 1995). Porém, é necessário superar obstáculos como a falta tempo disponível para o uso desta abordagem, a falta de materiais didáticos adequados, o escasso número de professores com formação para ensinar de forma correta (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012; MARTINS, 2006).

Objetivando contribuir para o desenvolvimento de metodologias de ensino contextualizadas historicamente e que sejam capazes de promover a aprendizagem significativa, elaboramos, aplicamos e avaliamos uma sequência didática baseada no episódio histórico da produção da potassa no século XVIII e as contribuições de frei Velloso para a ciência brasileira. A partir da pesquisa realizada pretendíamos responder à seguinte questão: é possível promover a aprendizagem significativa de

¹ Apesar das aprendizagens mecânica e significativa não serem dicotômicas na visão de Ausubel (2002), é importante que em algum momento de sua formação o aprendiz atribua significados psicológicos ao conteúdo que foi memorizado.

conceitos científicos e aspectos da natureza da ciência através de uma sequência didática contextualizada historicamente?

Dessa maneira, utilizamos um estudo de caso que permitiu introduzir a temática em sala de aula, em um segundo momento trabalhamos com textos históricos e experimento visando promover a aprendizagem conceitual e de aspectos da natureza da ciência e por último inserimos o estudo de caso novamente visando oportunizar novas ideias sobre o que foi discutido ao longo da sequência didática.

POR QUE INSERIR A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS?

A introdução da história das ciências (HC) tem sido muito recomendada na educação científica, porém, as discussões acerca de sua utilização para fins educacionais começaram a se intensificar somente a partir do século XIX (SEQUEIRA e LEITE, 1988).

No Brasil, a importância da inserção de aspectos históricos e filosóficos no ensino de ciências pode ser observado em vários documentos oficiais (PCNs, PCN+) e no aumento do número de publicações em congressos e eventos voltados ao ensino.

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) aponta que a contextualização social, histórica e cultural são fundamentais para a compreensão do que é ciência e tecnologia e:

Ainda com relação à contextualização histórica, propõe-se, por exemplo, a comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das ciências, criando oportunidades para que os estudantes compreendam a dinâmica da construção do conhecimento científico (BNCC, 2017, p. 550).

Muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de verificar a eficácia do uso deste tipo de abordagem no ensino de ciências e vários argumentos têm sido apresentados em seu favor. Dentre eles podemos destacar que a história das ciências pode aumentar a motivação dos alunos, fator muito importante na promoção da aprendizagem significativa; a história das ciências promove a humanização da ciência; possibilita trabalhar os conteúdos de maneira interdisciplinar; mostra a ciência como herança cultural da humanidade; favorece a aprendizagem dos conteúdos científicos; pode aprimorar a formação dos professores; tem um papel fundamental na compreensão da natureza da ciência (MARTINS, 2015; McCOMAS, 2013; ALLCHIN, 2004; GIL-PEREZ *et al.*, 2001; MATTHEWS, 1995).

O termo natureza da ciência tem sido empregado por muitos pesquisadores no sentido de se referir a questionamentos sobre o “fazer ciência”, como ela funciona, o modo como cientistas interagem num grupo social, como a sociedade se insere e influencia nas ações científicas, ou seja, é um termo que relaciona diferentes concepções de cunho filosófico, sociológico e histórico da ciência (FERREIRA, MARTINS, 2012; McCOMAS, 2008).

Várias correntes filosóficas surgiram ao longo do tempo com a intenção de elucidar a natureza da ciência. O século XX foi um período onde os debates epistemológicos acerca do caráter, da função e da natureza da ciência se acirraram, convergindo para o surgimento de um novo campo de pesquisa em ensino de ciências, aonde as influências, a contribuição e o processo de transformação dessas visões em alunos e professores vêm sendo investigados.

A análise de artigos da área tem demonstrado uma tentativa de esboçar tópicos consensuais sobre as visões consideradas adequadas. Apesar de admitirmos não haver uma concepção única de

ciência, corroboramos com alguns autores, como, por exemplo, McComas, Almazroa e Clough (1998) e Gil-Perez e colaboradores (2001) sobre haver pontos de concordância entre as distintas visões.

Entre os aspectos considerados consensuais e adequados da natureza da ciência pelos autores supracitados podemos citar o conhecimento científico como provisório; pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência; as observações são dependentes da teoria; a história das ciências apresenta um caráter tanto evolutivo quanto revolucionário; pluralismo metodológico da ciência e a recusa da existência de um método único; a rejeição do empirismo que concebe o conhecimento como resultado da indução; entre outros.

Porém, é recorrente a presença de termos equivocados e que devem ser evitados sobre o trabalho científico. Tais concepções são consideradas como equivocadas e ingênuas e baseiam-se na ideia de que os cientistas obtêm suas teorias a partir da observação e da experimentação (visão empírico-indutivista e ateórica), o método científico é apresentado como um conjunto de etapas pré-estabelecidas a serem seguidas, independente do fenômeno a ser estudado (visão rígida), a ciência é tida como um dogma inquestionável e valoriza-se apenas o conhecimento produzido, sem levar em conta suas limitações e as perspectivas futuras (visão aproblemática e ahistórica), o conhecimento científico é fragmentado e a partir do conhecimento das partes pode-se conhecer o todo (visão exclusivamente analítica), o desenvolvimento científico é tido como fruto de um processo linear, puramente acumulativo, isento de crises e revoluções (acumulativa de crescimento linear), a ciência é concebida como obra de gênios isolados, não se leva em conta o trabalho coletivo e a troca de informações entre equipes (individualista e elitista), ignoram-se as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (socialmente neutra) e desconsidera-se o contexto histórico em que o fato ocorreu, analisando-o segundo os valores, crenças e ideias do presente (visão anacrônica) (ALLCHIN, 2004; GIL-PEREZ *et al.*, 2001). Por isso, é necessário abordar a natureza da ciência em sala de aula visando desconstruir visões como essas sobre a ciência.

COMO INSERIR A HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS EM SALA DE AULA COM VISTAS A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?

O RESPALDO TEÓRICO...

É possível encontrar na literatura da área muitos trabalhos que descrevem o uso da contextualização histórica no ensino de ciências, mas muito tem se discutido sobre o embasamento teórico adotado em relação a elaboração das sequências de ensino. Os pressupostos pedagógicos que orientam as intervenções didáticas são poucos discutidos caracterizando descuido pelos autores ou pelo fato dos pesquisadores considerarem o uso da História das Ciências como uma estratégia didática em si própria, que não requer apoio de teorias psicológicas ou pedagógicas para sua implementação (TEIXEIRA, GRECA, FREIRE JR., 2012).

Neste sentido, optamos por elaborar uma sequência didática de acordo com os princípios programáticos referenciados pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003). Mas o que esta teoria nos apresenta?

Uma aprendizagem é significativa quando uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e não literal com algum conhecimento prévio especificamente relevante da estrutura cognitiva do aluno. A este conhecimento prévio Ausubel chama de subsunçor ou ideia-âncora (AUSUBEL, 2003).

O subsunçor compreende o conhecimento já consolidado na estrutura cognitiva do aprendiz e permite a atribuição de novos significados por parte do aprendiz, a partir da assimilação nos novos conhecimentos. Os subsunçores podem apresentar-se de diferentes formas, podendo ser “uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos” (MOREIRA, 2010, p. 4).

Podemos pensar a estrutura cognitiva de cada indivíduo como um conjunto complexo e organizado de subsunçores que interagem entre si e podem organizar-se e reorganizar-se num processo dinâmico. Neste processo, a aprendizagem ocorre quando o novo conhecimento e o conhecimento prévio são modificados através da assimilação do novo conhecimento (AUSUBEL, 2003).

Moreira (2010) ressalta que aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem correta. Para o autor, a aprendizagem é significativa quando o aluno atribui significados a um dado conhecimento, correlacionando com seus conhecimentos prévios, independente se estes conhecimentos estão de acordo com os conceitos científicos aceitos no contexto de alguma matéria de ensino. Essas concepções que os alunos trazem consigo correspondem às concepções alternativas e que por serem geralmente o resultado da aprendizagem significativa apresentam resistência a mudança. A captação dos significados que são aceitos no contexto da disciplina implica negociação e diálogo entre professor e aluno e trabalhos colaborativos entre os alunos, mediados pelo professor.

Podemos considerar como fatores determinantes para a ocorrência da aprendizagem significativa os aspectos cognitivos do educando, ou seja, sua predisposição em aprender, bem como os condicionantes externos, que se caracteriza pelos materiais instrucionais utilizados.

A primeira condição requer a existência de subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz e a intenção do aluno em querer relacionar o novo conhecimento com o subsunçor existente na estrutura cognitiva, de forma significativa. Enquanto a segunda condição requer que o material apresentado pelo professor seja relacionável a estrutura cognitiva do aluno, o que indica que seja construído após a averiguação dos seus conhecimentos prévios.

O conhecimento prévio do aluno, conforme mencionado anteriormente, é de fundamental importância para a aprendizagem significativa. Além disso, o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. A predisposição em aprender não está relacionada ao fato do aluno gostar ou não da matéria, mas querer relacionar os novos conhecimentos a seus conhecimentos prévios (MOREIRA, 2010).

O material didático utilizado deve ser potencialmente significativo, ou seja, ser capaz de integrar o novo conhecimento, de maneira lógica e clara, com os conhecimentos prévios relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. No processo de elaboração deste material Ausubel (2003) propõe algumas considerações que podem facilitar a aprendizagem significativa dos conteúdos pelos alunos. Para tal é necessário selecionar bem os conteúdos e determinar como ele será apresentado em sala de aula.

Para a seleção dos conteúdos deve-se priorizar os conceitos e ideias mais gerais, mais inclusivas, buscando a melhor maneira de relacioná-los aos aspectos especificamente mais relevantes da estrutura cognitiva do educando. Deve-se fazer uma análise crítica da matéria de ensino pensando no aluno. “De nada adianta o conteúdo ter boa organização lógica, cronológica ou epistemológica, e não ser psicologicamente aprendível (MOREIRA, 1997, p. 18).

O primeiro ponto a ser destacado foi a importância de articular os conteúdos selecionados aos subsunçores dos alunos. Porém, se os alunos não possuem subsunçores ou se estes estiverem obliterados? Ausubel considera o uso dos organizadores prévios como estratégia para estabelecer

relações entre as ideias prévias dos alunos e aquelas que estão contidas no material de aprendizagem (MOREIRA, 1997).

Os organizadores prévios são considerados materiais que permitem introduzir a temática a ser estudada de modo mais geral, inclusivo e abstrato ou permitem reativar aqueles conhecimentos que estão presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, mas que, por não serem muito usados, acabam sendo esquecidos (MOREIRA, 1997).

Os organizadores prévios podem ser divididos em expositivos ou comparativos, sendo o primeiro usado quando o aprendiz não tem muita familiaridade com o assunto abordado (não apresenta subsunçores suficientes à aprendizagem) e o segundo quando o aprendiz já tem subsunçores que possibilitam a comparação de novos conceitos e ideias com aquilo ele já sabe (MOREIRA, 2006).

O segundo passo seria articular os conteúdos selecionados à estrutura cognitiva do aluno através da elaboração da sequência de ensino, considerando alguns princípios programáticos, dos quais a diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização sequencial, consolidação e a linguagem (AUSUBEL, 2003).

Ausubel (2003) considera a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa como processos fundamentais da dinâmica da estrutura cognitiva do educando, pois segundo ele estes dois processos estão ocorrendo simultaneamente no processo de aprendizagem. Assim, a programação do conteúdo deveria levar em consideração estes princípios.

A diferenciação progressiva consiste em apresentar aos alunos os conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo no início, para posteriormente diferenciá-los em termos de detalhe e especificidade (AUSUBEL, 2003).

A programação do conteúdo também deve explorar relações entre ideias, suas similaridades e diferenças, reconciliando as inconsistências reais e aparentes através da reconciliação integrativa. Desse modo, os conteúdos não devem ser trabalhados ao longo de toda uma disciplina de forma linear, mas numa perspectiva de diferenciação e integração, com idas e vindas (AUSUBEL, 2003).

A organização sequencial, como o próprio nome sugere, consiste em sequenciar os conteúdos de modo que certos tópicos dependam naturalmente daqueles que os antecedem. Já a consolidação seria a etapa onde o professor deve tentar garantir o domínio do conteúdo dado antes da introdução de novos conhecimentos. Em geral, pode-se utilizar exercícios, resoluções de situações-problema, clarificações, discriminações, diferenciações e integrações para se atingir tal propósito (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 1997; 2010).

A linguagem também é considerada uma variável crucial para a facilitação da aprendizagem significativa por estar envolvida no intercâmbio de significados. Através da linguagem o professor apresenta os significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino e o aluno devolve os significados que está captando. Nesse sentido, a linguagem permite aos sujeitos dialogarem e negociarem significados durante o processo de ensino e aprendizagem (MOREIRA, 1997).

Moreira (2010) menciona alguns exemplos de estratégias e instrumentos que podem ser utilizados para promover a aprendizagem significativa, entre eles os organizadores prévios já apresentados anteriormente, os mapas conceituais, diagramas V, atividades que integram teoria e prática na produção de conhecimentos a partir de questões-foco, atividades colaborativas que viabilizam o intercâmbio de significados e colocam o professor na posição de mediador, entre outros. Independentemente do tipo de recurso didático utilizado é a postura do professor que irá fazer a diferença durante o processo.

Além de preconizar a adoção de uma nova postura por parte do professor, Moreira (2010) acredita que é necessário agregar novas formas de avaliar o aluno, priorizando avaliar a compreensão

e captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações novas e não familiares. Vale destacar que essas situações novas devem ser apresentadas ao longo de todo o processo instrucional e não somente no momento da avaliação para que o aluno já vá se acostumando com essa nova proposta.

Para este mesmo autor, a avaliação da aprendizagem significativa deve ser formativa e recursiva, dando ao aluno a oportunidade de refazer as tarefas propostas, para que ele possa externalizar os significados que está captando, explicar e justificar suas respostas. Além disso, não se deve buscar saber se a aprendizagem ocorreu ou não mas buscar evidências que apontem para tal.

O RESPALDO METODOLÓGICO ...

Respaldados pela teoria supracitada delineamos a sequência didática em função da seleção do conteúdo a ser trabalhado e os conceitos relevantes, da definição do episódio histórico que seria utilizado para contextualizar a aprendizagem conceitual e que permitisse abordar alguns aspectos da natureza da ciência, do levantamento do perfil da turma, da elaboração do instrumento a ser utilizado para a coleta das concepções prévias dos alunos (organizador prévio expositivo); da elaboração da sequência didática, selecionando e organizando os materiais didáticos potencialmente significativos para posterior aplicação, coleta e interpretação dos dados.

O nosso público-alvo consistiu-se por alunos cursando a primeira série do ensino médio de uma instituição federal de ensino localizada no município de Aracruz, Espírito Santo. A opção pelo público do ensino médio advém da necessidade de se inserir momentos que promovam a efetiva construção do conhecimento científico em sala de aula, já que podemos perceber que o índice de qualidade da educação, principalmente na área de ciências, não tem sido muito animador (BRASIL, 2015).

Após definirmos o público-alvo, procuramos identificar os conceitos relevantes do currículo escolar que seriam abordados em sala de aula. O conteúdo selecionado estava relacionado as funções inorgânicas, mais especificamente a função inorgânica dos sais. Optamos por destacar em nossa investigação os aspectos relacionados a definição do termo sal, sua principal fonte de obtenção, algumas propriedades químicas como a higroscopia e acidez-basicidade e o uso da linguagem química (nome científico e fórmula química) na identificação dessa classe de substâncias.

Os principais livros didáticos de Química para o ensino médio trazem uma seção intitulada Funções Inorgânicas e que descrevem um grupo de substâncias com propriedades químicas semelhantes. Essas funções são subdivididas em ácidos, bases, sais e óxidos.

Algumas críticas têm sido evidenciadas a respeito da forma como esses conteúdos são abordados em sala de aula e o modo como estão dispostos nos livros didáticos, entre elas a ênfase nos aspectos constitucionais das substâncias em detrimento dos comportamentais, a falta de conexão dos conceitos com o cotidiano do aluno, a apresentação de conceitos sem inter-relacioná-los, o uso excessivo de nomes, fórmulas e classificações conceituais (CAMPOS, SILVA, 1999; SILVA et. al., 2014; SILVA, CORDEIRO, KILL, 2015). Nesse sentido, buscamos elaborar uma sequência didática que permitisse trabalhar esses conceitos de uma forma mais ampla e significativa através da inserção da história das ciências.

Além dos conteúdos científicos pretendíamos promover discussões sobre a natureza da ciência. Para isso, vinculamos ao conteúdo selecionado a um episódio histórico que permitisse também a construção de significados pelos alunos sobre concepções acerca da influência de fatores externos ao desenvolvimento da ciência, do seu caráter provisório e confiável, desenvolvimento coletivo e que

permitisse mostrar que pessoas de todas as culturas podem usar processos de ciência e contribuir para a ciência, inclusive os brasileiros. O episódio estava relacionado à produção da potassa no século XVIII e as contribuições de frei Velloso para a ciência brasileira.

A potassa foi um importante produto para a sociedade desde tempos muito antigos. No século XVIII destacou-se na fabricação de sabão, no vidro, no preparo de medicamentos, no branqueamento de tecidos, etc. Essa substância era obtida através das cinzas de determinadas plantas e para se obter uma quantidade razoável dela era necessária uma grande quantidade de cinzas (LUNA, 2008).

A necessidade de otimização do seu método de obtenção fez com que fossem realizadas pesquisas nos laboratórios do mundo todo. Até prêmios em dinheiro eram concedidos a quem conseguisse o melhor método de produção. Neste período, a coroa portuguesa passou a incentivar a abertura de fábricas de potassa no Brasil para não ter que importar mais esse produto de outros países do norte da Europa, da América, da Índia ou da Espanha. Com esse intuito, em 1798 foi publicada a obra *Alographia*, de autoria de frei José Marianno da Conceição Velloso, um naturalista brasileiro, que reuniu documentos de cientistas de vários países sobre o método de se obter a potassa. Velloso também mencionou plantas brasileiras que forneciam a potassa. De realçar também que Velloso dirigiu, em Lisboa, a Casa Literária do Arco do Cego, empreendimento real destinado ao desenvolvimento e propagação dos novos saberes literários e científicos.

Com a demanda cada vez maior, foi necessário buscar novas fontes para obtenção de potassa, que não fossem somente a partir da combustão de plantas. Em 1787, Nicholas Leblanc desenvolveu um método para obtenção de soda reagindo o sal de cozinha com ácido sulfúrico e posteriormente com cal (carbonato de cálcio) na presença de carvão. Esse processo contribuiu para o decréscimo na produção da potassa através da queima de plantas. Até então, a potassa era uma substância mais requisitada do que a soda porque era mais barata. Nos dias de hoje, a potassa é usada como agente secante em algumas indústrias químicas, na fabricação de pães, geleias, cacau em pó e vinho, em produtos de combate ao incêndio, entre outros.

Definidos os conteúdos e o episódio histórico, a próxima etapa consistiu em fazer um diagnóstico inicial sobre o perfil dos alunos. Esse diagnóstico torna-se uma ferramenta essencial para se conhecer melhor a turma antes de elaborar a sequência didática e assim definir as metodologias e materiais didáticos mais adequados as necessidades dos alunos. Os materiais mais adequados deverão interagir com os conhecimentos e experiências prévias dos alunos.

Visando introduzir a temática a ser estudada de modo mais geral e reativar os conhecimentos que estão presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, empregamos o estudo de caso histórico sobre a potassa como organizador prévio expositivo e como ferramenta para a coleta das concepções prévias dos alunos.

Os estudos de casos históricos podem ser descritos em termos de contextos históricos que apresentam uma ideia unificadora, projetados de acordo com algumas diretrizes para explicitar o contexto de um problema marcante na ciência. Essas diretrizes compreendem episódios importantes no contexto científico e que motivem o aluno, permitindo que grandes ideias, conceitos e problemas sejam gerados naturalmente, proporcionam discussões relacionadas ao cotidiano do aluno, criam uma história que irá dramatizar e destacar a ideia principal, associada preferencialmente a personagens ou eventos conflitantes, entre outros (STINNER, 2003).

Após a etapa introdutória, que envolveu a coleta das concepções prévias dos alunos, selecionamos e organizamos os materiais didáticos visando articular o conteúdo selecionado às estruturas cognitivas dos educandos. Isso aconteceu através da elaboração da sequência de ensino, partindo

sempre dos conceitos mais gerais para os mais específicos, relacionando as ideias, suas similaridades e diferenças, sequenciando os conteúdos e consolidando o aprendizado.

A aplicação da sequência didática se resumiu em três etapas conforme tabela 1:

Tabela 1 - Atividades desenvolvidas na sequência didática.

Etapas	Atividades	Objetivo principal
1 ^a	Aplicação do estudo de caso histórico	Introduzir a temática e coletar as concepções prévias
2 ^a	Leitura e discussão do texto sobre a potassa	Mostrar o caráter coletivo e provisório da ciência
	Leitura e discussão do prefácio da obra <i>Alographia</i>	Trabalhar os fatores externos na construção da ciência
	Apresentação da obra <i>Alographia</i>	Ressaltar o caráter coletivo da ciência
	Apresentação da biografia de frei Velloso	Valorizar a cultura científica local
	Aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo	Apresentar o conteúdo curricular
	Experimento histórico investigativo	Relacionar teoria e prática
3 ^a	Apresentação pelos alunos da questão investigada no experimento	Consolidar a aprendizagem dos conceitos científicos
	Aplicação do estudo de caso histórico novamente	Analisar as modificações das concepções prévias

Fonte: Construção do autor.

O tempo gasto para a implementação da pesquisa em sala de aula foi 15 aulas de 50 minutos e o período de aplicação das atividades ocorreu de agosto a setembro de 2016.

A coleta dos dados ocorreu através das respostas escritas dos alunos às questões propostas nas atividades e questionários, assim como através da gravação das discussões em sala de aula.

Como técnica de análise, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD), que se caracteriza como uma “metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos” (MORAES & GALIAZZI, 2011, p. 7).

Dividida em 3 etapas, essa técnica consiste na desmontagem dos textos ou unitarização, dando origem às unidades de análise (empíricas e teóricas). As unidades empíricas são obtidas a partir do material coletado e as unidades teóricas dos referenciais adotados na pesquisa. Essas unidades são agrupadas em categorias definidas a priori e/ou emergentes e a partir delas são elaborados metatextos, ou seja, textos descritivos e interpretativos que vem ampliar a compreensão dos fenômenos estudados, relacionando os dados empíricos e suas teorias.

Em nossa pesquisa, as categorias foram delimitadas a priori, sendo descritas em termos das concepções que pretendíamos investigar em nosso trabalho e que se resumiram em alguns aspectos da natureza da ciência e na abordagem conceitual.

Os resultados obtidos da nossa análise permitiram investigar as concepções dos alunos no início e final da aplicação da sequência didática, assim como durante o seu desenvolvimento.

A articulação entre os referenciais usados neste artigo para a elaboração da sequência didática evidencia que a proposta destacou a motivação como um elemento bastante importante na promoção da aprendizagem significativa e esta ideia vai de encontro com o que se tem observado na literatura sobre o uso da história das ciências no ensino.

Visando identificar a existência de subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz, bem como aumentar seu engajamento em aprender, elaboramos um organizador prévio e priorizamos elaborar materiais diversificados e que fossem potencialmente significativos.

O organizador prévio elaborado foi do tipo expositivo pois a temática não era familiar para os alunos envolvidos e com ele seria possível apresentar o assunto em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade do que o material de aprendizagem que seria utilizado posteriormente. Este organizador se caracterizou como um estudo de caso histórico relacionando conceitos químicos e história das ciências.

Os conteúdos foram selecionados priorizando-se os conceitos e ideias mais gerais e a sequência foi organizada levando em conta as características da diferenciação progressiva. Neste caso partimos de uma temática que envolvia a produção da potassa no século XVIII, algo amplo e com conceitos mais gerais de sais e de natureza da ciência, para posteriormente através dos materiais trabalhados explorar os conceitos de modo detalhado e em suas especificidades, como aspectos específicos do trabalho científico e de conteúdo dos sais, como características, identificação, entre outros.

Os materiais elaborados puderam integrar teoria e prática na produção de conhecimentos a partir de questões-foco, como o experimento realizado, fez-se uso de atividades colaborativas que viabilizaram o intercâmbio de significados e colocaram o professor na posição de mediador, como as discussões nos grupos dos textos para leitura e socialização dos resultados obtidos no experimento.

CAMINHOS PERCORRIDOS... QUE RESULTADOS OBTIVEMOS?

Metatexto 1- Reflexões sobre as concepções dos alunos sobre a natureza da ciência

O estudo de caso histórico utilizado apresentava uma pequena história sobre a potassa. Esse estudo de caso continha 4 questões relacionadas a natureza da ciência, cada uma abordando uma dimensão epistemológica, entre elas:

1) O desenvolvimento coletivo da ciência: Você considera a ciência como resultado de um trabalho coletivo ou individual dos cientistas? Justifique sua resposta.

2) O caráter provisório e confiável do conhecimento científico: Por que o método de obtenção da potassa pelas cinzas de plantas foi substituído?

3) A influência de fatores externos ao desenvolvimento da ciência: A ciência difundida por frei Velloso no Brasil colonial tinha alguma relação com a política e a economia da época? Explique

4) A valorização da cultura científica local: Em sua opinião, existia ciência sendo praticada no Brasil na época apresentada no texto? Justifique.

Baseados nessas quatro dimensões epistemológicas procuramos oportunizar aos alunos ao longo da sequência momentos de troca de significados com a professora, levando-os a refletirem sobre como se processa a construção do conhecimento científico.

Na fase inicial, percebemos que emergiram dos dados algumas concepções consideradas inadequadas e outras adequadas do ponto de vista das pesquisas que vêm sendo feitas no ensino de ciências (ALLCHIN, 2004; GIL-PÉREZ et. al, 2001; McCOMAS, ALMAZROA, CLOUGH, 1998).

A ocorrência de respostas que remetiam às concepções distorcidas, de um modo geral, foi maior na etapa inicial do que na final, apontando indícios de que a abordagem explícita e reflexiva utilizada acerca de algumas questões epistemológicas possibilitou avanços em relação as concepções iniciais detectadas entre os alunos.

Uma síntese das subcategorias observadas em relação à primeira questão de investigação antes e após a aplicação da sequência didática é apresentada na tabela 2:

Tabela 2 - Subcategorias obtidas sobre o desenvolvimento coletivo da ciência

Etapa inicial	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
ciência como verdade absoluta, isenta de incertezas	importância do contexto histórico e as relações que culminaram na ciência atual
visão analítica	caráter evolutivo e revolucionário da ciência
Etapa final	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
ciência como verdade absoluta, isenta de incertezas	importância do contexto histórico e as relações que culminaram na ciência atual
	caráter evolutivo e revolucionário da ciência
	ciência como construção humana
	importância da comunicação entre cientistas
	caráter provisório da ciência

Fonte: Construção do autor.

Apesar dos alunos reconhecerem a ciência como o resultado de um trabalho coletivo na etapa inicial, observamos que as justificativas utilizadas por eles demonstraram visões distorcidas sobre a natureza da ciência, como a imagem de ciência como verdade absoluta, isenta de incertezas e cujos resultados são inquestionáveis e uma visão compartimentalizada (analítica) do conhecimento científico corroborando com as visões que tem se propagado no contexto escolar (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Porém, também encontramos respostas que destacaram a importância do contexto histórico e a influência dos fatores externos no desenvolvimento da ciência e o seu caráter evolutivo e revolucionário, convergindo com as ideias de Thomas Kuhn (1962) que defendem a construção do conhecimento científico como um processo que não ocorre de maneira linear, cumulativa e contínua, mas que perpassa por crises, rupturas e revoluções.

O texto histórico e a apresentação da obra *Alographia* constituíram-se ferramentas interessantes para problematizar as visões de ciência dos alunos pois propiciaram momentos onde o caráter coletivo da ciência pôde ser melhor explorado, assim como o caráter social e as relações entre ciência e economia, os dilemas éticos, a visão anacrônica, o uso das pseudo-histórias, o papel da observação e experimentação na ciência, a importância da comunicação entre os cientistas, entre outros.

Em relação ao caráter ético da ciência, Matthews (1995) argumenta que apesar das questões éticas se multiplicarem nos currículos de ciências elas são pouco abordadas em sala de aula. A justificativa apresentada é que “até agora, em parte devido à influência da crença na ciência sem juízo de valor, essas questões vinham sendo ignoradas no ensino de ciências. Mas não podem mais sê-lo” (MATTHEWS, 1995, p. 193).

Para Gil-Pérez e colaboradores (2001) as questões éticas, associadas a avaliação de atitudes, também são quase sempre esquecidas ou até mesmo ignoradas no ensino de ciências, o que mostra a pouca importância que os professores atribuem a essa dimensão do trabalho científico.

Na etapa final observamos uma melhoria nas justificativas dos alunos quanto ao aspecto da coletividade. Suas visões de ciência estavam baseadas na ciência como construção humana, na importância da comunicação entre cientistas para a disseminação do conhecimento e do seu caráter

questionável, além das apresentadas inicialmente sobre a importância do contexto histórico e do caráter evolutivo e revolucionário da ciência.

As respostas obtidas nessa fase vão ao encontro das ideias de Ziman (1925-2005) publicada por Reis (2014) onde a ciência deve ser percebida como uma atividade que produz conhecimento de forma cooperativa, sendo a ciência uma instituição social altamente organizada na qual o conhecimento é construído através de um processo de cooperação intelectual. Nos trabalhos de Ludwig Fleck (1896-1961) também notamos este aspecto que descreve a ciência como constituída pelo diálogo e pelas trocas entre grupos profissionais (LOWY, 1994).

Das dimensões epistemológicas verificadas nas justificativas da fase inicial e que estavam relacionadas às visões analíticas, de verdade absoluta e isenta de incertezas, obtivemos reincidência na etapa final de apenas uma delas, a ciência como verdade absoluta. Evidenciamos que as respostas dadas pelos estudantes são respostas que repetidamente são veiculadas nas mídias e que ajudam a construir sua concepção de ciência, aquelas do senso comum (MARTINS, 2015).

Quanto as subcategorias obtidas para a segunda questão de investigação, apresentamos a tabela 3:

Tabela 3 - Subcategorias obtidas sobre o caráter provisório da ciência

Etapa inicial	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
visão anacrônica	relação entre ciência e economia
	preocupação com questões ambientais
Etapa final	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
não houve	
	relação entre ciência e economia
	preocupação com questões ambientais

Fonte: Construção do autor.

A análise das concepções dos alunos acentuou a crença na existência de uma forte relação entre a produção da potassa e a economia da época, contudo encontramos na maior parte das respostas dadas apenas repetições/transcrições de partes do próprio estudo de caso para embasá-las. Esta situação pode nos apresentar um indício de que os estudantes não tinham subsunçores suficientes que garantissem um melhor posicionamento de suas ideias.

Contudo, um aspecto interessante observado foi a ênfase de alguns alunos com as questões ambientais inerentes ao tópico trabalhado, o que nos remete a crescente preocupação e destaque que se tem dado a temática no contexto atual.

Como visão inadequada evidenciamos somente a visão anacrônica, caracterizada por descon siderar o contexto histórico em que o fato ocorreu, analisando-o segundo os valores, crenças e ideias do presente (ALLCHIN, 2004).

O texto histórico e a realização do experimento investigativo permitiram discutir as dificuldades de produção da substância e os prováveis motivos pelos quais os antigos buscavam novos métodos

para sua produção ou substituição, as implicações ambientais deste processo, como a ciência está sempre se modificando, seu caráter provisório.

Durante a execução da atividade experimental pudemos notar a surpresa dos alunos ao perceberem que uma quantidade muito pequena de potassa era obtida a partir das cinzas de milho, uma das matérias-primas usadas na época. Estes resultados confirmaram na prática as informações contidas no texto e abrindo caminho para discussões mais aprofundadas sobre o impacto ambiental do método praticado na época e o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente, eixos estruturantes para a elaboração de propostas didáticas capazes de promover a alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2011).

As respostas obtidas na etapa final não se modificaram muito com relação as obtidas na etapa inicial, sendo resumidas em função da importância dessa substância para a economia e a problemática ambiental. Porém, alguns alunos mencionaram dados obtidos na aula prática para justificar suas respostas, mostrando a potencialidade do experimento histórico no sentido de melhorar a compreensão do passado das ciências e as dimensões do trabalho científico no contexto escolar (CHANG, 2011; METZ; STINNER, 2006). A visão anacrônica não foi evidenciada nesta etapa.

As subcategorias destacadas para a terceira questão são resumidas na tabela 4:

Tabela 4 - Subcategorias obtidas sobre a influência de fatores externos ao desenvolvimento da ciência

Etapa inicial	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
visão neutra e descontextualizada	influência dos aspectos religiosos, políticos e sociais
visão anacrônica	caráter humano
equivocos históricos	
Etapa final	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
visão neutra e descontextualizada	visão não-neutra e contextualizada
	influência dos aspectos religiosos, políticos e sociais

Fonte: Construção do autor.

As visões dos alunos referentes à influência de fatores externos ao desenvolvimento da ciência remetem a concepções prévias de uma ciência neutra e descontextualizada, a ciência do passado como uma ciência ultrapassada (visão anacrônica) e alguns equivocos em relação ao contexto histórico da época, como por exemplo a abertura das fábricas de potassa para garantir a independência do Brasil e não como estratégia do desenvolvimento econômico de Portugal.

Em contrapartida e com menor frequência, obtivemos respostas que abordavam a influência dos aspectos religiosos, políticos e sociais na construção da ciência e seu caráter humano.

A partir da fonte primária utilizada (prefácio da obra) pudemos debater acerca das relações entre produção e divulgação científica, contexto social, econômico, religioso e político intrínsecos à época e a linguagem utilizada em documentos antigos.

Este recurso permitiu aproximar o aluno do cientista e de seus relatos, da perspectiva de quem constrói o conhecimento, contextualizando a dinâmica envolvida na comunicação da ciência em

épocas passadas e a importância da disseminação do conhecimento científico (FARIA, PEREIRA, CHAGAS, 2012; RAÍCIK, PEDUZZI, 2015; ZANOTELLO, 2011).

No contexto do ensino de ciências, a linguagem tem sido considerada como uma variável crucial para a facilitação da aprendizagem significativa por estar envolvida no intercâmbio de significados (AUSUBEL, 2003). Sendo assim, o uso deste tipo de recurso didático requer uma atenção especial quanto a sua inserção em sala de aula (BOSS, SOUZA FILHO e CALUZI, 2011).

Quanto as concepções coletadas na fase final, verificamos que a maior parte dos estudantes descrevem a ciência utilizando argumentos que caracterizam uma visão não-neutra e contextualizada da ciência. Os alunos conseguiram articular em suas justificativas elementos que compõem fortemente a construção do conhecimento científico e a conexão entre os diferentes setores econômico, social e político da época para o seu desenvolvimento. Apenas uma das respostas remetia a presença de uma visão neutra e descontextualizada.

Em relação as subcategorias resultantes da quarta questão podemos observar a tabela 5:

Tabela 5 - Subcategorias obtidas sobre a valorização da cultura científica local

Etapa inicial	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
visão empírico-indutivista e atórica	ciência como tentativa de explicar fenômenos naturais
visão anacrônica	ciência como parte das tradições sociais e culturais
ciência como verdade absoluta	visões não-anacrônicas
Etapa final	
Concepções inadequadas	Concepções adequadas
visão empírico-indutivista e atórica	ciência como tentativa de explicar fenômenos naturais
visão anacrônica	ciência como parte das tradições sociais e culturais
	visões não-anacrônicas
	caráter humano
	as observações são dependentes da teoria
	caráter coletivo da ciência
	o desenvolvimento da ciência como um processo dinâmico
	importância da comunicação
	visão não-neutra

Fonte: Construção do autor.

Encontramos na análise das concepções prévias algumas justificativas que se configuraram em visões anacrônicas, empírico-indutivista e atórica da ciência, ciência como verdade e única forma de conhecimento (inadequadas), outras a ciência como tentativa de explicar fenômenos naturais, como parte das tradições sociais e culturais, sendo afetadas pelo meio social e histórico no qual são construídas, conforme destaca McCOMAS, Almazroa e Clough (1998) e visões não-anacrônicas (adequadas).

Apesar de todos os alunos acreditarem haver ciência sendo praticada no Brasil na época apresentada no texto, muitos deles não conseguiram expressar ou não tinham subsunçores capazes de justificar suas respostas. Sendo assim, sentimos a necessidade de articular a construção e negociação de

significados entre aluno e professor sobre o assunto e inserimos na sequência didática um momento para a apresentação e discussão da biografia de frei Velloso.

Através da apresentação da biografia de frei Velloso pudemos humanizar a ciência e mostrar aos estudantes que ela é feita por muitas pessoas e a diferentes níveis, de todos os países, tornando o ensino mais significativo (ROUXINOL, 2007).

Procuramos apresentar uma biografia bem contextualizada e que não promovesse a romantização do cientista ou a difusão de estereótipos e caricaturas, evitando mostrar uma pseudo-imagem da ciência, um dos problemas do uso deste tipo de recurso retratados por Allchin (2004).

Na etapa final, identificamos novamente os aspectos considerados corretos retratados na fase inicial e que corresponderam a ciência como uma tentativa de explicar fenômenos naturais, como parte das tradições sociais e culturais, sujeita à influência do meio social e histórico, na qual é construída. Evidenciamos também outros, como o caráter humano da ciência, as observações são dependentes da teoria o enquadramento das observações na teoria, a visão não anacrônica, o seu caráter coletivo, o desenvolvimento da ciência como um processo dinâmico e não detentora de um método único, a comunicação científica como veículo de consolidação da ciência e visão de não neutralidade ao considerar as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

A visão anacrônica e a empírico-indutivista da ciência apareceram novamente, porém com menor frequência do que no estágio inicial.

Considerando os resultados obtidos, esta parte da investigação mostrou que é possível integrar ao ensino de Química estratégias que aproximam a história das ciências da sala de aula, envolvendo os alunos em discussões sobre o assunto e promovendo uma maior compreensão da natureza da ciência.

Metatexto 2 - Reflexões sobre as concepções dos alunos sobre os conceitos científicos

O estudo de caso continha 3 questões relacionadas aos conceitos científicos de sais, das quais:

- 1) O que é um sal? Dê exemplos
- 2) Como você acha que os sais são obtidos?
- 3) Por que é aconselhável vedar bem os frascos que contêm sal de cozinha?

Os conceitos científicos relacionados à temática de sais aceito pela comunidade científica e que serviram para nortear as análises das concepções dos alunos nesta etapa esteve respaldada nos trabalhos de Campos e Silva (1999), Oversby (2000), Chagas (2000), Silva *et al.* (2014), Kotz e Treichel (2010).

O resultado da investigação empreendida mostrou que os alunos construíram novas concepções/significados ou reelaboraram algumas relações conceituais pré-existentes em consonância com o conteúdo ensinado. Eles também foram capazes de incorporar a linguagem científica com mais frequência em seus discursos.

Através da inserção de uma aula expositiva e dialogada sobre o assunto de sais, da realização do experimento investigativo e da apresentação oral dos resultados obtidos pelos alunos na prática experimental foi possível apresentar melhor o conteúdo estudado, relacionar teoria e prática e consolidar a aprendizagem dos conceitos científicos.

Em relação a primeira questão de investigação, apresentamos na tabela 6 um resumo das subcategorias evidenciadas antes e após a aplicação da sequência didática:

Tabela 6 - Subcategorias obtidas sobre o conceito de sais

Etapa inicial	Etapa final
Sal de cozinha	Sal de cozinha, carbonato de potássio, cloreto de potássio, etc.
Algo que confere sabor salgado aos alimentos	Produto da reação entre ácidos e bases (neutralização)
Tempero	Composto sólido
Etapa inicial	Etapa final
Presença ou ausência de determinados elementos químicos (oxigênio, cloro)	Presença ou ausência de determinadas espécies (H^+ , OH^- , oxigênio)
Produto de uma reação química (ácido e base)	
Substância que conduz corrente elétrica	

Fonte: Construção do autor.

Observamos que a maioria dos alunos associava o conceito de sal ao sal de cozinha ou em função de sua propriedade de conferir sabor salgado aos alimentos. Para outros deles os sais eram definidos de acordo com sua composição química, ou seja, por conter ou não determinados elementos na fórmula. Estas concepções prévias são concepções evidentes de senso comum ou estão muito presentes nos livros didáticos.

Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) muitos dos conceitos formados estão permeados pela experiência corporal mais direta do aluno, aquelas formadas a partir da relação do organismo vivo com o mundo, como as sensações de frio, calor, dor, etc. Essas sensações são mediadas por uma linguagem e por explicações socialmente constituídas. Sendo assim, acreditamos que o sal de cozinha e seu sabor salgado, por exemplo, poderia ser caracterizado como uma experiência sensorial constantemente vivenciada pelo aluno e por isso está tão evidente em suas concepções.

Contudo, encontramos respostas que estavam relacionadas aos sais como produto de reações químicas, sem maiores explicações, como na fala “Sal seria pequenos sólidos que possivelmente vieram de um processo químico”, mas também com explicações plausíveis como em “Eles se formam da associação de ácidos e bases”. Uma outra característica particular observada foi a condução de corrente elétrica em solução aquosa, que vai de encontro com o que tem sido considerado correto pela comunidade científica.

Na etapa final, apesar de muitos alunos ainda exemplificarem o sal a partir do sal de cozinha pudemos encontrar nas respostas outros exemplos de sais, com destaque para os sais utilizados no experimento realizado, sendo que metade das respostas definiam o sal como o produto da reação de neutralização entre ácidos e bases. Porém, ainda verificamos a associação de elementos químicos presentes nas fórmulas como critério de exclusão das substâncias nas funções.

Esta característica corrobora com a forma com que esses conteúdos são apresentados nos livros didáticos, onde as teorias apresentadas enfatizam os aspectos constitucionais das substâncias em detrimento dos comportamentais, apesar da própria classificação das substâncias nos grupos (ou funções) serem feitas de acordo com suas propriedades (CAMPOS; SILVA, 1999).

A síntese dos resultados da segunda questão investigada é mostrada na tabela 7:

Tabela 7 - Subcategorias obtidas sobre a fonte de obtenção dos sais

Etapa inicial	Etapa final
Água do mar e das saleiras	Reação neutralização entre ácidos e bases, óxido ácido e uma base, de um óxido básico e um ácido
Dos sais minerais	
Reações químicas diversas (entre sódio, ácidos, etc)	
Reação entre ácidos e bases	

Fonte: Construção do autor.

Como fonte de obtenção dos sais, na etapa inicial as respostas se resumiram aos sais como produto da água do mar e das saleiras, ou de elementos da natureza como os sais minerais, a partir de reações químicas diversas (entre sódio, ácidos, etc.), tendo uma minoria de alunos apontado a reação entre ácidos e bases, sem maiores explicações.

Percebemos que os alunos tentaram apresentar suas ideias utilizando definições prontas, como por exemplo na fala “São resultado da reação química de um metal com metal ou de um metal com ametal”, que traz a definição de metal com metal e metal com ametal, definições empregadas para explicar conceitos de ligação química. Outros empregam conceitos gerais como reações com substâncias ácidas, sem destacar as possíveis exceções ou algo do tipo, ou conceitos limitados como a reação com o sódio, ou conceitos extraídos do próprio estudo de caso como a combustão.

Já na etapa final a maioria das respostas convergiram para a ideia da reação de neutralização entre ácidos e bases. Um dos alunos apontou: “Agora, depois dos estudos, sei que são obtidos a partir da neutralização, uma reação entre um ácido e uma base, os tais que ligam seus cátions e ânions formando o sal e as suas hidroxilas se ligam aos hidrônios formando uma ou mais moléculas de água”.

Neste excerto, vemos que apesar do aluno não expor a necessidade de evaporação da água para a formação do sal sólido, ele consegue descrever a dinâmica das espécies envolvidas na reação de neutralização. Ao citar a formação de uma ou mais moléculas de água percebemos que ele também demonstra identificar a relação entre a quantidade das espécies na reação, ou seja, a proporção estequiométrica.

Em relação a terceira questão do estudo de caso sintetizamos os resultados obtidos na tabela 8:

Tabela 8 - Subcategorias obtidas sobre a propriedade higroscópica do sal de cozinha

Etapa inicial	Etapa final
Para não estragar	Para não absorver a umidade do ar, hidratar (uso do termo higroscopia)
Perder suas propriedades químicas, sua eficiência	Não entrar em contato com as impurezas do ar
Perder seu gosto	Para não evaporar ou oxidar em contato com o ar
Para não evaporar ou oxidar em contato com o ar	
Para não absorver a umidade do ar, hidratar	

Fonte: Construção do autor.

Na etapa inicial é possível observar que o frasco contendo sal de cozinha deve ser bem vedado para que o sal não estrague, perca suas propriedades químicas, sua eficiência, seu gosto, para não evaporar e oxidar em contato com o ar. Alguns alunos ainda responderam que esta ideia se devia também ao fato do sal absorver a umidade do ar, hidratar, porém nenhuma fez menção ao termo higroscopia.

Já na etapa final muitos deles se apropriaram do uso deste termo para justificar suas respostas e mencionaram claramente a propriedade da espécie de interagir com a água presente no ar, como nas falas “Porque ele tem muita afinidade com água (higroscópico), puxando as moléculas de água do ar”, “Porque ele é uma substância amiga da água e absorve a umidade do ar”.

Contudo, também evidenciamos alguns equívocos, mesmo que em menor frequência quando comparado ao início, como o fato do sal ser solúvel em água, para não entrar em contato com as impurezas do ar, não reagir com o oxigênio da atmosfera e por evaporar com facilidade.

A realização do experimento de obtenção da potassa constituiu um importante momento de integração da teoria e prática, onde os alunos investigaram a composição da substância a partir de algumas de suas propriedades e do seu comportamento frente a outras substâncias durante os testes realizados.

Observamos que o uso do experimento histórico investigativo promoveu uma participação mais ativa do aluno, quando comparada com as demais estratégias, e um intercâmbio de significados dentro de cada grupo durante as pesquisas realizadas e entre os grupos durante as apresentações, pois presenciávamos momentos de discussões e questionamentos entre eles.

O experimento histórico também aproximou o aluno da prática científica e das dificuldades inerentes ao “fazer ciência”, assim como favoreceu a contextualização da aprendizagem de sais a partir de um sal não tão comum em seu cotidiano, o carbonato de potássio (K_2CO_3), mas com importância histórica relevante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa retratada neste artigo foi de caráter qualitativo e teve como foco principal elaborar uma sequência didática baseada na História da Ciência para o ensino de Química utilizando como referencial a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e posteriormente aplicá-la e avaliá-la.

A opção pela escolha da História das Ciências como abordagem a ser utilizada em sala de aula advém dos inúmeros benefícios que ela tem proporcionado no ensino de conceitos científicos e da natureza da ciência e também devido a escassez de recursos didáticos adequados para seu uso no ensino de ciências.

O conteúdo de sais foi selecionado em virtude das inúmeras críticas relatadas sobre o ensino de funções inorgânicas na literatura e que em geral se resumia na apresentação de definições e classificações sem inter-relacionar os conceitos, como na maioria dos livros didáticos.

A metodologia de ensino adotada se baseou na relação entre o conhecimento prévio e o conhecimento novo, buscando-se sempre o diálogo e a negociação de significados entre os sujeitos envolvidos (professor e aluno) e os materiais didáticos utilizados, com a finalidade de se alcançar a congruência desses significados, como aponta Ausubel (2003).

As etapas de desenvolvimento da sequência didática seguiram os princípios programáticos referenciados pela teoria da aprendizagem significativa e envolveu a definição do público-alvo, a seleção do conteúdo e dos recursos didáticos, a forma de introduzir e abordar os conteúdos durante as aulas etc. Entre as atividades implementadas estavam o estudo de caso histórico como organizador

prévio, texto histórico, partes da obra *Alographia* (fonte primária), experimento histórico investigativo, biografia de cientista e seminário (apresentação dos alunos).

Nos inserimos no contexto da sala de aula como professora/pesquisadora e através da observação participante e da coleta de dados a partir de questionários e gravações de áudio procuramos interpretar os significados atribuído pelos sujeitos às situações construídas. Procuramos não fazer apenas um comparativo das concepções prévias com as concepções dos alunos após a aplicação da sequência, mas também das discussões que se processaram ao longo das atividades de forma a evitar interpretações equivocadas e verbalizações memorizadas.

Os dados coletados mostraram progressos significativos com relação a incorporação de conceitos científicos importantes e visões de ciência pelos alunos. Sabemos que nem sempre é fácil verificar se houve aprendizagem significativa, pois, em muitos casos os alunos podem recorrer a verbalizações memorizadas, mas procuramos analisar as respostas obtidas em diferentes contextos ao longo da sequência implementada.

Entendemos também que o processo de reconstrução/reorganização de significados não é um processo simples e que depende de indivíduo para indivíduo, de sua predisposição em aprender e de suas concepções prévias, além de tempo. Por isso, pudemos verificar que a aprendizagem não ocorreu da mesma forma com todos os alunos, fator também observado em nossas análises, mas podemos inferir que a sequência didática mostrou ser um caminho viável para a inserção de importantes aspectos de e sobre ciência em sala de aula.

Não tínhamos a pretensão de chegar a respostas definitivas para a questão de investigação, mas refletir acerca da inserção de novas metodologias em sala de aula e seu potencial no ensino e aprendizagem de conceitos científicos e aspectos da natureza da ciência.

Assim, esperamos que essa pesquisa possa servir de incentivo para a ampliação de metodologias que aproximem a história da ciência do ensino de Química e que o episódio histórico trabalhado possa facilitar a aprendizagem da Química em outros contextos e salas de aulas.

REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education**, Dordrecht, p. 179-195, 2004.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 2. ed. Lisboa: Plátano Editora Edições Técnicas Ltda., 2003. 226p.

BRASIL. **Relatório Nacional Pisa 2015: Resultados brasileiros**. Brasília: MEC/INEP, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. Base nacional comum curricular. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 18 jul. 2020

BOSS, S. L.; FILHO, M. P.; CALUZI, J. J. Traduções de fonte primária - algumas dificuldades quanto à leitura e o entendimento. In: ENPEC, 8, 2011, **Anais...** Campinas: ABRAPEC, 2011.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. C.; PRAIA, J. VILCHES, A. **A necessária renovação do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005. 263 p.

- CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. Funções da química inorgânica... funcionam? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 9, p. 18-22, 1999.
- CHAGAS, A. P. O ensino de aspectos históricos e filosóficos da Química e as teorias ácido-base do século XX. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.1, p. 126-133, 2000.
- CHANG, H. How historical experiments can improve scientific knowledge and Science education: the cases of boiling water and electrochemistry. **Science & Education**, Dordrecht, v. 20, n. 3-4, p. 317-41, 2011.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3. edição. São Paulo: Cortez, 2007. 364p.
- FARIA, C.; PEREIRA, G.; CHAGAS, I. D. Carlos de Bragança, a Pioneer of Experimental Marine Oceanography: Filling the Gap Between Formal and Informal Science Education. **Science & Education**, Dordrecht, v. 21, n. 1, p. 813826, 2012.
- FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A.F.P. Avaliando a inserção da temática natureza da ciência na disciplina de história e filosofia da ciência. In: PEDUZZI, L.O.Q.; MARTINS, A.F.P. **Temas de História e Filosofia das Ciências no Ensino**. Natal: Editora da UFRN, 2012. p. 155-182.
- FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da natureza da luz**. 2009. 204p. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, Dordrecht, p. 657-682, 2012.
- GIL-PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- KOTZ, J.C.; TREICHEL JR., P. M. **Química geral e reações químicas**. Tradução de F. M. Vichi e S. A. Visconte, 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, 2010.
- LAKATOS, I. **The Methodology of Scientific Research Programmes**. Philosophical Papers, v. I. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- LOWRY, I. Ludwik Fleck e a presente história da ciência. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 7-18, 1994.
- LUNA, F. Alographia dos álcalis... de Frei Conceição Veloso: um manual de química industrial para produção da potassa no Brasil colonial. **Química Nova**, São Paulo, v.31, n.8, p. 2214-2220, 2008.
- MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 21-34.
- MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MATHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Ciências**, n. 3, p. 164-214, 1995.

McCOMAS, W. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In: SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipografia Editora, 2013. p. 425-450.

McCOMAS, W. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, Dordrecht, p. 249-63, 2008.

McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The Nature of Science in Science Education: An Introduction. **Science & Education**, Dordrecht, v.7, n.6, p. 511-532, 1998.

METZ, D.; STINNER, A. A role for historical experiments: capturing the spirit of the itinerant lecturers of the 18th century. **Science & Education**, Dordrecht, 2006.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2011, 224p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. **Actas...** Burgos, p. 19-44, 1997.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Cuiabá, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, 23 de abril de 2010. Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2010.

MOREIRA, M. A. A Teoria da Aprendizagem significativa e sua implementação em Sala de Aula. Brasília: editora da Universidade de Brasília, 2006.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n. 2, p. 273-283, 2000.

OVERSBY, J. Models in explanations of chemistry: The case of acidity. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (orgs.). **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 227-251.

RAÍCIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma Discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 138160, 2015.

REIS, V. M. S. John Ziman: Um Físico em uma Ciência Pós-Acadêmica. In: KERBAUY, M. T.; HAYASHI, M. C. P. I.; RIGOLIN, C. C. (orgs.). **Contribuições da Sociologia da Ciência para o Campo CTS**. 1. ed. Campinas: Átomo/Alínea, 2014. p. 209-238.

ROUXINOL, E. **Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica**. 2007. v. 1. 193p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011

SEQUEIRA, M.; LEITE, L. A história da ciência no ensino-aprendizagem das ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, Minho, v. 1, n. 2, p. 29-40, 1988.

SILVA, B.; CORDEIRO, M. R; KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2015.

SILVA, L. A., LARENTIS, A. L., CALDAS, L. A., RIBEIRO, M. G. L., ALMEIDA, R. V., HERBST, M. H. Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das “Funções Inorgânicas”. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 261-268, 2014.

STINNER, A. The Renewal of Case Studies in Science Education. **Science & Education**. Dordrecht, p. 617-643, 2003.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JR., O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no brasil sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de física In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P. **Temas de História e Filosofia das Ciências no Ensino**. Natal: Editora da UFRN, 2012. p. 9-40.

VANNUCCHI, A. I. História e Filosofia da ciência: da teoria para a sala de aula. 1996. 131 p. **Tese de Mestrado (Mestrado)** - Departamento de Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ZANOTELLO, M. Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. **Ciência & Educação**, Bauru, p. 987-1013, 2011.

RECEBIDO EM: 23 mar. 2020

CONCLUÍDO EM: 20 de jul. 2020