

Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio

Moises Marques Prsybyciem¹, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira² e Elenise Sauer²

¹Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Rio Grande do Sul, Brasil.

²Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Paraná, Brasil. E-mails: moises_mp4@yahoo.com.br, castilho@utfpr.edu.br, sauer@utfpr.edu.br

Resumo: O artigo tem o objetivo de analisar as contribuições e implicações de um estudo realizado com a utilização da experimentação investigativa em um enfoque CTS – Ciência-Tecnologia-Sociedade para o ensino de conceitos químicos por meio de um tema sociocientífico envolvendo a qualidade do ar e atmosfera: a chuva ácida. A metodologia utilizada tem abordagem qualitativa de natureza interpretativa, com observação participante. O trabalho realizado abrangeu 25 alunos de 1.º e 2.º anos do ensino médio de um colégio público do Estado do Paraná (Brasil). Para a coleta dos dados foram utilizados questionários e produção escrita dos alunos (história em quadrinhos e mapas conceituais). Os principais resultados evidenciam que esse processo despertou a curiosidade e a motivação para a aprendizagem, percebendo uma evolução dos conceitos de química envolvidos. Tais resultados apontam para um ensino de Química com práticas pedagógicas interdisciplinares, possibilitando, assim, o desenvolvimento da autonomia intelectual, do processo da tomada de decisão e da alfabetização científica e tecnológica dos alunos por meio de um ensino por investigação.

Palavras-chave: experimentação investigativa, chuva ácida, CTS, ensino de química.

Title: Investigative experimentation in the teaching of chemistry in an STS approach from a socioscientific theme in high school

Abstract: The purpose of this article is to analyze the contributions and implications of a study carried out with the use of investigative experimentation in a STS – Science-Technology-Society approach to the teaching of chemical concepts through a socio-scientific theme involving air quality and atmosphere: rainfall acidic. The methodology used has a qualitative approach of an interpretive nature, with participant observation. The work carried out included 25 students from the 1st and 2nd years of high school in a public school in the State of Paraná (Brazil). To collect the data were used questionnaires and written production of students (comics and conceptual maps). The main results evidenced that this process aroused the curiosity and the motivation for learning, perceiving an evolution of the concepts of chemistry involved. These results point to a teaching of chemistry with interdisciplinary pedagogical practices, thus enabling the

development of intellectual autonomy, the decision-making process and scientific and technological literacy of students through research teaching.

Keywords: investigative experimentation, acid rain, STS, chemistry teaching.

Introdução

O processo educacional contemporâneo demanda novas estratégias, novas metodologias e práticas pedagógicas participativas que despertem a criatividade do aluno e a cooperação entre as áreas do conhecimento. As pesquisas em ensino de Ciências/Química apontam que, mesmo fazendo parte do cotidiano dos alunos, os conteúdos químicos abordados em sala de aula parecem desconectados das questões ambientais, científicas, tecnológicas, ideológicas, sociais, econômicas, culturais, políticas e éticas (Chassot, 2006; Santos e Schnetzler, 2010). Esse distanciamento, muitas vezes, refere-se às estratégias e à seleção dos conteúdos presentes na prática pedagógica docente (Auler, 2007; Pinheiro, Silveira e Bazzo, 2007).

Assim, as práticas pedagógicas no ensino de Química que induzem à fragmentação do conhecimento e ao ensino descontextualizado e baseado na transmissão e na memorização do conteúdo. Essas práticas precisam ser discutidas por estimularem uma visão de Ciência e Tecnologia (C&T) positivista, salvacionista, pronta, neutra e linear (Auler e Delizoicov, 2006).

Em decorrência disso, muitos pesquisadores e professores buscam alternativas que, ao menos, minimizem tais dificuldades, dando prioridade para uma maior participação dos alunos (autonomia) na construção dos conceitos científicos e tecnológicos. Talvez a principal dessas alternativas seja, a partir de um ensino por investigação, buscando a relação dos conteúdos curriculares com temas sociocientíficos e possibilitar discussões sobre as implicações do desenvolvimento decorrentes da C&T.

Para pesquisadores como Santos e Mortimer (2001) e Santos e Schnetzler (2010), faz-se necessário (re) pensar a ação docente de maneira tal que o professor assuma o papel de articulador e/ou mediador entre o conhecimento químico (ciência), os produtos/processos que envolvem o conhecimento químico (tecnologia) e as relações sociocientíficas (sociedade). Todavia, para desenvolver esse papel, há necessidade de uma mudança de postura, passando o professor, de transmissor de conhecimento, a agente questionador e problematizador (Carvalho, Azevedo e Nascimento, 2006).

Para Guimarães (2009) e Hodson (1994), muitos professores utilizam a experimentação apenas valorizando a demonstração, o caráter indutivo e a comprovação de teorias, procedimentos os quais, de forma estanque, pouco contribuem para construção de conceitos de ciências/química. Essa postura no processo de ensino e aprendizagem faz com que os estudantes acreditem que a ciência não é provisória, mas, sim, pronta e acabada (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2003; Paraná, 2008; Prsybyciem, 2015).

Conforme as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (Paraná, 2008), cabe então ao professor criar situações de aprendizado para desenvolver o pensamento crítico sobre o mundo e sobre as causas dos problemas sociais e ambientais. Nesse contexto, uma abordagem interdisciplinar permite

diferentes olhares (sociologia, física, química, artes, matemática, biologia, entre outros) sobre um mesmo objeto de estudo, assim como a contextualização, que permite levar em consideração todo o contexto do assunto trabalhado.

A Experimentação Investigativa (EI), no enfoque CTS – Ciência-Tecnologia-Sociedade, inicia-se de uma problematização (situações-problema reais e contextualizadas, questões sociocientíficas ou socioambientais) e permite a participação ativa do aluno no processo de ensino e aprendizagem, levantando hipóteses, questionando, pesquisando, debatendo, refletindo, avaliando, aplicando em situações novas e comunicando (Carvalho, 1999; Carvalho, Azevedo e Nascimento, 2006; Prsybyciem, 2015).

Nesse contexto, as preocupações com os problemas relacionados às questões ambientais podem ser um ponto de partida para a problematização. Os problemas ambientais têm sido apresentados em diversos trabalhos (Capra, 1996; Dias, 2002; Reigota, 2006; Segura, 2001) e podem ser trabalhados a partir da experimentação. Dessa forma, estruturar os conteúdos de Química por meio de temas sociocientíficos (Bybee, 1987) potencialmente significativos permite um encaminhamento metodológico diferenciado, que pode aproximar as diversas áreas do conhecimento sobre a mesma temática. Além disso, partindo de uma temática, os conteúdos abordados em sala de aula começam a fazer real sentido para o contexto social do aluno, permitindo a conexão de conceitos químicos com a sua realidade.

A construção do conhecimento científico e tecnológico na escola – tal como estudar as funções inorgânicas de ácidos e de óxidos, que são conteúdos presentes no currículo escolar no ensino médio – pode ser abordada a partir do tema "chuva ácida". Com um tema desse tipo podem ser levantadas questões sobre os contextos onde ocorre e as relações com CTS. Aulas assim conduzidas podem diminuir as dificuldades que muitos alunos apresentam para a compreensão dos conteúdos devido à não contextualização com o cotidiano.

Assim, este artigo tem o objetivo de analisar as contribuições e implicações de um estudo que utilizou a experimentação investigativa em um enfoque CTS para o ensino de conceitos químicos, por meio de um tema sociocientífico envolvendo a qualidade do ar e atmosfera: a chuva ácida. O estudo foi embasado nos sete passos propostos por Prsybyciem (2015).

A Experimentação Investigativa no Enfoque CTS: uma possibilidade para o ensino de Química

As pesquisas em ensino de Química vêm crescendo nos últimos anos. Um dos assuntos mais abordados nessas pesquisas é a utilização das atividades experimentais como estratégia de ensino (Giani, 2010). Assim, a experimentação se apresenta em constante discussão, em trabalhos como os de Carvalho, Azevedo e Nascimento (2006), Giordan (1999), Guimarães (2009), Oliveira e Soares (2010), Prsybyciem (2015), Silva e Zanon (2000), Suart (2008), dentre outros.

Conforme Guimarães (2009), a experimentação tem sido considerada um recurso útil para promover a aprendizagem no ensino de Química, uma vez que é uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais e relacionados com a realidade do aluno, para o estímulo de questionamentos de investigação e para a contextualização.

Muitas dessas pesquisas evidenciam, todavia, que a experimentação ainda é utilizada de maneira tímida por professores de Química do ensino médio e, quando utilizada nesse processo, ocorre de forma acrítica e descontextualizada da realidade, valorizando aspectos como ilustração, demonstração, manipulação de materiais e comprovação de teorias (Suart, 2008). Essa concepção é dominante nas instituições de ensino, o que prejudica o desenvolvimento da criatividade do estudante (Silva e Zanon, 2000).

Para Guimarães (2009), essa estratégia, muitas vezes, vem sendo pautada em aulas experimentais como “receita de bolo”, em que um procedimento é seguido e nada pode dar errado. Nesse caso, os alunos apenas seguem passo a passo o que é determinado pelo roteiro, procurando apenas obter os resultados que o professor espera. As atividades experimentais desenvolvidas dessa forma pouco contribuem para a formação da cidadania e para a construção de conceitos de química.

Segundo Hodson (1994), em comparação com as aulas com caráter tradicional, os seus trabalhos em ensino mostram que os alunos aprendem mais sobre a ciência e desenvolvem cognitivamente melhor seus conhecimentos conceituais quando participam de investigações científicas semelhantes às feitas nos laboratórios de pesquisa. Dessa forma, o ensino de Química em um enfoque CTS pode contribuir para uma maior participação dos alunos no processo de ensino e aprendizagem, inclusive visando à formação para a cidadania, possibilitando ao aluno obter o conhecimento científico e tecnológico de sua vivência no cotidiano (Santos e Schnetzler, 2010). Essa vivência permite ao aluno tomar decisões, de maneira consciente e responsável sobre diversos aspectos, por exemplo, como os relacionados ao meio ambiente (Ministério da Educação Brasil, 2006).

O enfoque CTS é um movimento que estuda as influências e as implicações da ciência e da tecnologia para a sociedade e para o meio ambiente (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2003; Koepsel, 2003). Esse movimento vem se destacando no campo educacional desde as suas origens. A educação com enfoque CTS, em qualquer nível de ensino (fundamental, médio ou superior), entre outros, visa à formação para a tomada de decisão sobre as implicações da C&T, processo fundamental na formação da cidadania (Piel, 1993; Ratcliffe, 1997; Santos e Mortimer, 2001).

Solomon (1988) defende que os cursos CTS devem ensinar o caráter provisório, transitório e incerto das teorias científicas, uma vez que com uma visão de ciência pronta, acabada e verdadeira, os estudantes terão dificuldade de aceitar duas ou mais possibilidades ou alternativas para resolver o mesmo problema proposto.

Nesse contexto, entende-se que as atividades experimentais investigativas em um enfoque CTS podem contribuir para a formação cidadã. Essas atividades sempre se iniciam a partir de uma problematização por meio de uma temática sociocientífica e partem sem que nenhum roteiro seja dado aos alunos (Gondim e Mól, 2006; Suart e Marcondes, 2009). Um roteiro é, porém, construído em equipe no pré-laboratório, pelos alunos, com mediação do professor (Prsybyciem, 2015).

Ferreira, Hartwig e Oliveira (2010) ressaltam que a abordagem investigativa possibilita aos alunos libertarem-se da passividade de serem meros executores de instruções, pois buscam relacionar, decidir, planejar, propor, discutir e relatar, ao contrário, do que ocorre na abordagem tradicional, o que vai ao encontro das reflexões das diretrizes curriculares estaduais em que reforça que a “[...] a importância da abordagem experimental está no seu papel investigativo e na função pedagógica de auxiliar o aluno na explicação, problematização, discussão, enfim, na significação dos conceitos químicos” (Paraná, 2008, p. 53).

Os objetivos pedagógicos em relação à experimentação investigativa são resumidos em uma lista de seis grupos, como se lê na Tabela 1, elaborado com base no trabalho de Blosser (1988). Segundo esse pensador, os objetivos acima explicitados são possíveis apenas em aulas investigativas, uma vez que essa estratégia permite a participação direta do aluno na construção do seu conhecimento com a mediação do professor.

Grupos	Objetivos pedagógicos
Habilidades	Manipular, refletir, ler, escrever, questionar, investigar, organizar e comunicar.
Conceitos	Levantar hipóteses, modelo teórico e categoria taxionômica.
Habilidades cognitivas	Pensamento crítico, soluções de problemas, aplicação e síntese.
Compreensão da natureza da ciência	Empreendimento científico, como os cientistas trabalham a existência de multiplicidade de métodos científicos, as inter-relações entre ciência-tecnologia-sociedade, e também, entre as várias disciplinas científicas.
Atitudes	Curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração e gostar de ciência.
Tomada de decisão	Conhecimento construído de maneira interdisciplinar e múltiplas alternativas para a resolução do mesmo problema.

Tabela 1.- Objetivos pedagógicos da experimentação investigativa (autoria própria, baseada em Blosser, 1988).

Conforme Carvalho, Azevedo e Nascimento (2006), o objetivo das atividades investigativas práticas ou teóricas é levar o estudante a pensar, a debater, a questionar, a agir, a justificar as suas ideias e a aplicar os seus conhecimentos a situações novas, usando os conhecimentos científicos, tecnológicos, culturais, éticos, históricos e matemáticos. Dessa maneira, espera-se que, com a experimentação investigativa, o aluno apresente uma maior autonomia e participação na construção de seu conhecimento.

Carvalho, Azevedo e Nascimento (2006, p. 21) destacam que:

[...] é importante que uma atividade de investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele é apresentado. Para isso, é fundamental, nesse tipo de atividade, que o professor apresente um problema sobre o que está sendo estudado. A colocação de uma questão ou problema aberto como ponto de partida é ainda um aspecto fundamental para a criação de um novo conhecimento.

Por isso, cabe destacar que é papel do professor possibilitar e articular os conteúdos do currículo em Química, para permitir a utilização da EI e alcançar tais objetivos. Tamir (1991) e Gondim e Mól (2006), organizaram uma estrutura para EI em escala de diretividade considerando o problema, os procedimentos e as respostas, nos seguintes níveis:

Nível zero: o problema, os caminhos, meios e a resposta são dados. Este nível, embora seja amplamente empregado em cursos de graduação, não favorece o desenvolvimento da investigação. Nesses casos, os estudantes recebem roteiros lineares das aulas práticas a serem realizadas, tornando-se simples executores de tarefas.

Nível um: o problema, os caminhos e meios são dados, ficando somente a resposta em aberto. Encontrado nas aulas experimentais de Química, tanto no ensino básico como no superior.

Nível dois: o problema é dado, mas os caminhos, os meios e as respostas ficam em aberto. Pouco comum.

Nível três: o problema, os caminhos e meios e a resposta ficam em aberto. Neste nível, os estudantes se defrontam com situações que devem instigá-los a definir um problema, criar hipóteses e definir um método para investigá-lo. Raríssimo.

Esses níveis de diretividade indicam o grau de investigação em relação ao problema, os procedimentos e as respostas. Os níveis zero e um são os mais empregados, tanto no ensino superior como no básico. Esses processos são lineares, seguem uma "receita" predeterminada. Já os níveis dois e três são menos comuns de serem empregados, mas essas atividades instigam o estudante a levantar hipóteses e a definir estratégias para investigá-lo, bem como permitem a relação entre observação, ação, reflexão e formação, ou seja, formar pela pesquisa.

No ensino de Química, a maioria das escolas de ensino médio não tem levado em consideração as questões relacionadas à ciência, à tecnologia, à política, à cultura, à ética e, principalmente, aos aspectos referentes à Educação Ambiental, ou seja, esses debates pouco ocorrem no ensino médio (Silva, 2007).

A experimentação não vai resolver todos os problemas do processo de ensino e aprendizagem em Química. Ela é uma estratégia e sua utilização necessita de organização, de planejamento e de reflexão, visando despertar a criatividade, a curiosidade e a imaginação para o conhecimento científico e tecnológico – então não pode ser utilizada somente como motivação (Prsybyciem, 2015).

Na experimentação com caráter investigativo, nela o aluno desenvolve a capacidade de trabalhar em equipe, o senso crítico, o que lhe oportuniza conhecer e vivenciar como é o trabalho de um cientista (Suart, 2008). Tais

competências, todavia, não são observadas em aulas práticas com caráter tradicional, pois a abordagem dessa forma acaba derivando para uma aprendizagem mecânica e apenas memorização, além de apresentar a química como uma ciência com verdades absolutas e inquestionáveis.

Aspectos metodológicos

A metodologia utilizada na pesquisa tem abordagem qualitativa, de natureza aplicada, com observação participante, o que exigiu observar, anotar e analisar as diversas interações entre as pessoas envolvidas no processo durante seu desenvolvimento (Moreira e Caleffe, 2008).

Universo da pesquisa

Participaram do estudo, em contraturno escolar, desenvolvido na modalidade de projeto, 25 alunos com faixa etária entre 14 a 17 anos, que cursavam o 1.º e 2.º anos do ensino médio, no ano letivo de 2013, de um colégio público estadual da região sul do Paraná, Brasil. Todos os alunos matriculados no projeto se envolveram nesse estudo. Esse projeto visou promover a inclusão de grupos de alunos de mesma série/ano ou séries/anos diferentes, e alunos em vulnerabilidade social, ou seja, inseridos em diversos programas sociais de assistência.

Técnicas de coleta/construção dos dados

Para obter as concepções iniciais dos alunos utilizou-se como instrumento um questionário com questões abertas, bem como anotações em diário de campo e de produção escrita dos alunos (história em quadrinhos e mapas conceituais), com um total de 150 horas/aulas distribuídas em oito momentos pedagógicos (Tabela 2).

Validação do instrumento de pesquisa

O questionário para coleta/construção de dados foi validado a partir de um teste-piloto com alunos para verificar se atendia aos objetivos do estudo.

Gestão da informação e considerações éticas

Foram garantidas a confidencialidade e a privacidade de todas as informações coletadas/construídas neste estudo, pois apenas os pesquisadores possuíam acesso aos dados. Para preservar a identidade dos participantes, os alunos foram nominados como: A1, A2, A3... A25 e os professores pesquisadores como P. Os aspectos éticos foram respeitados, todos os alunos matriculados no projeto concordaram em participar da pesquisa, assinando o Termo de Assentimento, e os responsáveis pelos alunos, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), termo que apresentava informações relativas aos objetivos, procedimentos e ações que seriam realizadas com os participantes, informação de que a participação não era obrigatória e que o aluno possuía plena autonomia para recusa e não participação na pesquisa, bem como as informações sobre uso das suas respostas. Na divulgação dos resultados foi garantido o anonimato dos participantes.

Desenvolvendo uma atividade de experimentação investigativa

Assim, foram investigadas as contribuições e implicações da experimentação investigativa no ensino de Química num enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico sobre os conceitos de ácidos e de óxidos na temática ambiental, utilizando os sete passos propostos por Prsybyciem (2015), apresentados, resumidamente, a seguir:

Problematização: proposição de um problema social inicial em forma de uma ou mais perguntas para orientar o estudo, para estimular a curiosidade e para motivar os alunos para o conhecimento científico e tecnológico na busca de possíveis soluções da problemática. Dessa forma, foi apresentada para os alunos uma questão geral: Por que uma flor, quando exposta a determinados níveis de chuva ácida, muda sua coloração e seu aspecto?

Todavia, com o intuito de direcionar o estudo e de possibilitar reflexões mais amplas sobre as implicações da chuva ácida, foram feitas questões mais específicas:

– O que significa chuva ácida? Quais as consequências da acidez das chuvas para sociedade e meio ambiente?

– Qual é a influência da ciência e da tecnologia em relação à chuva ácida?

– O que vem causando o excesso de acidez na chuva de grandes cidades?

– Qual é a equação da reação de combustão do enxofre e da reação do gás produzido com água?

– Quais são as substâncias responsáveis pela poluição atmosférica e que contribuem para a chuva ácida?

– Quais são as causas, as consequências e as possíveis soluções para reduzir os níveis de chuva ácida?

Abordagem teórica: Abordagem de conceitos teóricos que possibilitem a reflexão e a discussão do problema social inicial. Esse corpo teórico não trabalha, no entanto, diretamente a questão-problema. É importante destacar que o aporte teórico aqui é o ponto de partida para o processo de investigação, conduzindo assim a experimentação. Isso, no entanto, não quer dizer que sempre a teoria preceda a experimentação ou vice-versa. Nesta pesquisa não há uma disjunção na relação teoria-prática. Ao contrário, entende-se que ambas se relacionam de forma interativa.

Hipóteses: Os alunos devem levantar hipóteses sobre a solução do problema por meio de uma discussão. Com essa discussão (debate), e embasados teoricamente, pode-se conduzir o debate a outras hipóteses. Assim, o estudante percebe que a ciência não é neutra, não é linear, tampouco pronta e acabada, com verdades absolutas, mas, sim, que é provisória e questionável.

Pré-laboratório: Com as hipóteses levantadas, os estudantes se reúnem para a discussão sobre como será a realização do experimento. Carvalho, Azevedo e Nascimento (2006) chamam essa etapa de *"elaboração do plano de trabalho"* e destacam que nesse momento será determinado como a atividade experimental será realizada, quais os materiais necessários, como

montar o arranjo experimental, os procedimentos, a coleta de dados e a análise dos dados obtidos.

Momentos pedagógicos	Atividades
Primeiro momento	Os alunos participantes do projeto elencaram vários temas de interesse de estudo, tais como: "alimentação e a saúde", "a poluição atmosférica", "o lixo", "o efeito estufa", "os agrotóxicos e a saúde humana", "a chuva ácida", "a Educação Ambiental", dentre outros. Assim, escolheu-se, em votação, por maioria simples, o tema da chuva ácida para nortear todo o trabalho e estruturar os conteúdos de Química, cujo foco principal foi para as funções inorgânicas de ácidos e de óxidos. Destaca-se que a maioria dos temas foi desenvolvida durante o projeto, mas aqui o enfoque é a chuva ácida. Dessa forma puderam ser verificadas as concepções iniciais dos alunos, por meio da aplicação de um questionário sobre as questões ambientais (chuva ácida) e CTS.
Segundo momento	Ocorreram discussões sobre o texto "Mapas conceituais e a aprendizagem significativa" (Moreira, 2013), visando compreender como construir mapas conceituais.
Terceiro momento	Nesse momento ocorreu a leitura crítica de textos sobre temas relacionados às questões ambientais e as implicações do desenvolvimento da ciência e da tecnologia para a sociedade (Santos, 2003).
Quarto momento	Foram abordados conceitos teóricos como: funções químicas inorgânicas (ácidos, bases, sais e óxidos), tabela periódica, reações químicas, ligações químicas e solubilidade, entre outros. Esses conteúdos foram fundamentais como alicerce para a investigação da problemática lançada para os alunos.
Quinto momento	Nesse momento se utilizou, como estratégia, a experimentação investigativa, com a temática da chuva ácida, seguindo os sete passos propostos por Prsybyciem (2015).
Sexto momento	Realização de um "júri simulado" sobre a chuva ácida e suas implicações sociais e as suas relações com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia (Prsybyciem, 2015).
Sétimo momento	Elaboração de materiais, como mapas conceituais e histórias em quadrinhos, sobre questões ambientais, por exemplo, sobre chuva ácida e efeito estufa, assuntos esses articulados com os conceitos científicos e tecnológicos e suas implicações.
Oitavo momento	Os alunos socializaram as produções em uma mostra científica com a presença de toda comunidade escolar (professores, alunos, pais, funcionários).

Tabela 2.- Momentos pedagógicos x atividades desenvolvidas.

Laboratório: Montagem e separação de equipamentos, vidrarias e reagentes, bem como a verificação da possibilidade de utilização de materiais e espaços alternativos pelos alunos.

Experimentação: Esse passo é mais prático, uma vez que o aluno manipula materiais e equipamentos, testando várias vezes as hipóteses e variando suas condições de realização. É importante lembrar que nenhum roteiro é dado para os estudantes (Gondim e Mól, 2006; Suart e Marcondes, 2009). O professor orienta e direciona todo o processo.

Pós-laboratório: Retoma a análise dos dados e dos resultados encontrados durante o experimento, possibilitando refletir sobre as prováveis soluções e respostas para a/s questão/ões-problema, pois nesse momento deve ser apresentada uma resposta ao problema inicial, isso junto com a discussão da pertinência (ou não) das hipóteses iniciais.

Análise dos dados

Na análise dos dados foi realizada com a metodologia de análise de conteúdo. Essa análise é constituída de três fases: i) a pré-análise, ii) a exploração do material e iii) o tratamento dos dados, a inferência e a interpretação (Bardin, 1977). Os dados coletados/construídos foram separados por unidades de significado, para a identificação de sentidos, observando as concordâncias e as discordâncias das respostas. Dessa análise emergiram, *a posteriori*, as três categorias: i) concepções iniciais dos alunos: chuva ácida x CTS, ii) a experimentação investigativa em uma abordagem CTS e iii) produção de história em quadrinhos: uma maneira diferenciada de aprender química. A partir dessa categorização, os dados foram analisados dialogando com os autores que fundamentam o estudo, consolidando, assim, de alguma forma, as reflexões e os resultados desta pesquisa.

Resultados e discussão

Concepções iniciais dos alunos: chuva ácida x CTS

Nas respostas à questão: "O que você entende por chuva ácida?" Para 40% dos alunos que participaram da pesquisa a chuva ácida é uma chuva formada por gases tóxicos. Todavia não citaram esses gases, suas fontes de poluição e nem como esse processo ocorre. Já 32% disseram que a chuva ácida é aquela com presença de ácidos, mas também não sabem quais ácidos são e seus processos de formação. Para outros 12%, a chuva ácida é uma chuva com um pH alto. Verifica-se que os alunos associaram de forma errônea o conceito envolvendo o potencial hidrogeniônico (pH), pois, quanto maior é o pH, mais básica, ou seja, alcalina, é a solução ou substância. Conforme Jesus (1996, p. 144), "[...] a chuva ácida corresponde àquela em que o pH se apresenta inferior a 5,6, sendo seu caráter ácido associado à poluição do ar". Já 16% dos alunos não sabiam ou não responderam à questão, bem como não justificaram o motivo.

Na resposta à questão: "Para você, quais são as causas e as consequências da chuva ácida para sociedade?". Observou-se que 68% dos participantes do estudo responderam que as causas da chuva ácida são os "compostos químicos", mas não apresentaram quais seriam esses compostos, nem as fontes de poluição e tampouco como esse processo ocorre. Já 32% dos alunos não sabiam ou não responderam à questão. Em relação às consequências, verificou-se que um total de 76% dos alunos acreditavam que a chuva ácida traz consequências para a sociedade e 24% não sabiam ou não responderam à questão, como representado na Tabela 3.

Percebe-se, assim, nas respostas dos alunos participantes do estudo, a presença do senso comum. Conforme Neto (2012), senso comum é a forma como a maioria das pessoas pensa, ou seja, é o que vem sendo passado de

geração em geração, pelas vivências e pelas diversas observações de mundo, o que mostra a importância da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) para a compreensão do desenvolvimento da ciência e da tecnologia e suas implicações sociais e ambientais.

Causas		Consequências	
Categorias	Percentual	Categorias	Percentual
Compostos Químicos	68%	Prejudica o meio ambiente	52%
Não responderam	32%	Destrói monumentos	24%
		Não responderam	24%

Tabela 3.- Concepções iniciais dos alunos sobre as causas e consequências da chuva ácida.

Nas respostas à questão: “Para você, quais são as possíveis soluções para diminuir os níveis de chuva ácida?”, após a análise das respostas, verificou-se que 80% dos alunos acreditam que as possíveis soluções para a diminuição dos níveis de chuva ácida consistem na redução das emissões de compostos químicos, mas não citam exemplos desses compostos, suas fontes de emissão, como também não apresentam alternativas para reduzir essa emissão, tampouco quais seriam as ações ou atitudes necessárias para essa redução.

Para 8% deles, a diminuição da quantidade de lixo é uma solução para reduzir os níveis de chuva ácida, como expresso pelo aluno A1: “... tentar diminuir a quantidade de lixo e o uso dos lixões”. Todavia, apenas diminuir a quantidade do lixo não é suficiente – o que se precisa é formar para cidadania, visando à sensibilização e à conscientização ambiental (Capra, 1996; Dias, 2002; Reigota, 2006). Já 12% dos alunos indicaram não saber ou não responderam à questão.

Ficou evidenciada, portanto, por meio das respostas dos alunos, a necessidade de uma ACT, uma vez que há muitas respostas baseadas no senso comum, com conceitos incorretos, além de muitas questões sem resposta. De acordo com Santos e Schnetzler (2010), faz-se necessário que os cidadãos conheçam como utilizar as substâncias no cotidiano, bem como que consigam se posicionar criticamente, buscando desenvolver a capacidade de tomada de decisão, que ajuda na construção de um senso de responsabilidade nos alunos para soluções dos problemas sociais e ambientais (Ramsey, 1993).

Nas respostas à questão: “O que significa Ciência, Tecnologia e Sociedade?”, estruturaram-se as respostas conforme mostra o Tabela 4.

Categorias X Percentuais					
Ciência	Percentual	Tecnologia	Percentual	Sociedade	Percentual
Estuda os fenômenos físicos e químicos e os seres vivos	100%	Avanço da tecnologia	24%	Grupos de pessoas	100%
		Meios de comunicação	16%		
		Evolução dos equipamentos	60%		

Tabela 4.- Concepções iniciais dos alunos sobre CTS.

A totalidade dos alunos apontou que a Ciência “estuda os fenômenos físicos, os químicos e os seres vivos”, conforme observado na resposta do aluno A2: “Ciência para mim é algo que estuda os seres vivos, como são capazes de agir, de buscar conhecimento sobre as coisas a sua volta. Estuda também a teoria da física, da química, enfim, ciências é algo que estuda a vida”. Esse relato traz nuances de uma concepção tradicional ou concepção herdada da ciência que considera a ciência distante de qualquer interferência e inquestionável (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2003).

Para Chassot (2003, p. 91), “[...] a ciência pode ser considerada como uma linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural”. Isso vai ao encontro das reflexões de Bazzo, Pereira e Linsingen (2003), quando afirmam que a ciência deveria ser analisada e interpretada dentro dos contextos sociais, culturais e históricos, levando em consideração a sua não linearidade e não neutralidade.

Já em relação à tecnologia, emergiram três visões nas respostas dos alunos. Primeiro, 60% dos alunos, portanto a maioria, acreditam que a tecnologia é a “evolução dos equipamentos”, como respondeu a aluna A1: “... são equipamentos e meios desenvolvidos para facilitar nossas vidas e até mesmo facilitar estudos e pesquisas”. Para outros 24%, a tecnologia é resultado dos “avanços da ciência”, assim como se observa no discurso do aluno A6: “É o avanço da ciência, para facilitar a vida na sociedade”. E os demais 16% dos alunos entendem a tecnologia como “meio de comunicação”, como demonstra em seu relato o aluno A2: “Para mim é algo que se renova a cada dia, como os meios de comunicação em sociedade”.

Percebe-se que os alunos, em suas concepções iniciais, possuem uma visão da tecnologia como aplicação da ciência enquanto artefato tecnológico (celular, televisão, rádio, dentre outros), bem como entendem a tecnologia apenas como benéfica e a principal via de avanço da humanidade, evidenciando, assim, uma visão tradicional e ingênua da ciência e da tecnologia (Auler e Delizoicov, 2006). Conforme Bazzo, Pereira e Linsingen (2003), a C&T devem ser entendidas como um conjunto de vários conhecimentos científicos, valores sociais, econômicos e políticos, uma vez que há uma grande complexidade envolvida em relação a C&T, pois existem muitos exemplos negativos, como os acidentes nucleares, as desigualdades sociais, as guerras mundiais, os impactos ambientais, entre outros fatores negativos.

Em relação à sociedade, todos os alunos acreditam que o conceito de sociedade se encontra relacionado a um “grupo de pessoas”, conforme escreve o aluno A6: “*As pessoas em um conjunto vivem em sociedade*”. Todavia, nenhum estudante em suas respostas, colocou as relações entre a tríade CTS. Para Simon (1999), sociedade é um corpo orgânico estruturado da vida em sociedade, com base na reunião de indivíduos que vivem em determinado sistema econômico, político, com deveres e obrigações, e em diferentes dinâmicas culturais e sociais.

A experimentação investigativa em uma abordagem CTS

A experimentação investigativa, em um enfoque CTS como estratégia, permite uma nova dinâmica para o ensino de Química, uma vez que possibilita a cooperação entre as disciplinas (interdisciplinaridade),

favorecendo, também, o desenvolvimento da autonomia intelectual e o processo de tomada de decisão dos alunos, entre outras habilidades. Conforme Carvalho, Azevedo e Nascimento (2006), os alunos aprendem e gostam mais de ciência quando participam de investigações científicas de maneira ativa na escola. Dessa forma, seguindo os sete passos de investigação propostos por Prsybyciem (2015), lançou-se para os alunos, no primeiro passo, uma problemática: Por que uma flor, quando exposta a determinados níveis de chuva ácida, muda sua coloração e seu aspecto?

Essa problematização inicial foi realizada em forma de uma pergunta mais ampla, reflexiva e ligada a uma temática que envolveu as dinâmicas sociais e culturais dos alunos (problema social). Além disso, também foram lançadas questões mais específicas, apresentadas na metodologia.

Tais questões podem ajudar na compreensão do tema e no direcionamento da investigação, sempre com a mediação do professor. Esse estudo foi desenvolvido em um grau de diretividade de nível dois, em que o problema é dado, mas os caminhos, os meios e as respostas ficam em aberto (Tamir, 1991). Assim, após a problematização, houve questionamentos, pois as questões-problema geraram diversas opiniões, por exemplo, conforme se observa no diálogo do professor (P) com os alunos (A):

- A2: "Acho que isso ocorre devido o ácido da chuva. Então, para testar devemos jogar ácido em uma flor e pronto ela deve mudar de cor".

- P: "Mas, a chuva possui ácido em sua composição?" [Nesse momento A2 ficou em dúvida se isso era possível].

- P: "E qual ácido você sugere utilizarmos? E como montar um sistema para testar?".

- A9: "Eu acho que esse ácido é formado através da poluição".

- A2: "Podemos utilizar o vinagre".

- A6: "Isso ocorre devido o pH da chuva que é alto".

- P: "O pH é básico ou ácido?"

- P: [Nesse momento A6 ficou em dúvida se o pH era básico ou ácido e sugeriu, dizendo que, para verificação da hipótese]: "Devemos simular uma chuva ácida" [porém não sabia ainda como fazer isso].

- A14: "Mas será que a flor muda de cor mesmo quando exposta a chuva ácida?"

- A9: "Pessoal, eu achei uma reportagem que fala que a chuva ácida prejudica a agricultura, destrói monumentos e pode causar doenças."

Como podemos observar, os alunos se sentiram desafiados a refletir e a apresentar possíveis soluções e/ou estratégias para a resolução da/s questão/ões-problema, o que despertou a curiosidade e a motivação para o conhecimento científico e tecnológico por meio da pesquisa. Tanto se sentiram desafiados que apresentaram (espontaneamente) suas concepções iniciais sobre as questões e o aluno A9 procurou saber por outras fontes sobre o assunto, buscando uma reportagem das consequências da chuva ácida para a sociedade.

Na sequência do processo, no segundo passo, com os alunos estimulados e curiosos para buscar as possíveis soluções para as questões apresentadas sobre a temática, ocorreu a abordagem teórica, momento em que foram abordados os conteúdos das reações químicas, ácidos, bases, sais, óxidos, tabela periódica, solubilidade, polaridade e ligações químicas (iônica e covalente). Esses conteúdos permitiram a compreensão de maneira mais ampla do fenômeno da chuva ácida, fornecendo, assim, os subsídios para compreender o problema. Os conteúdos foram desenvolvidos por meio de aulas expositivas e dialogadas, mas sem abordar diretamente a questão-problema formulada.

Ressalta-se, novamente, que, neste estudo, a teoria precedeu à experimentação, mas isso não é uma regra linear e rígida, ou seja, a experimentação pode anteceder a teoria, uma vez que, nas atividades investigativas, há diversos caminhos, variáveis e possibilidades entre os passos de investigação. Assim, destaca-se a importância de levar em consideração as concepções iniciais dos alunos, uma vez que trazem de suas vivências e experiências elementos importantes nesse processo.

No terceiro passo, os alunos foram a campo, na biblioteca e no laboratório de informática, para levantar as hipóteses e as estratégias para resolver a problemática. Nesse momento, os alunos perceberam diversas alternativas e caminhos para solucionar a questão-problema, uma vez que consultaram diversas fontes bibliográficas e discutiram de maneira coletiva as hipóteses, o que gerou mais hipóteses e dúvidas. Com esse processo, durante o estudo foi possível verificar o desenvolvimento da autonomia e de responsabilidade (Aikenhead, 1987), percebendo, assim, que, na ciência, não existem verdades absolutas, mas, sim, verdades provisórias e questionáveis (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2003; Paraná, 2008).

Na sequência, no quarto passo, reuniram-se no pré-laboratório, com mediação do professor no enfoque CTS, para a elaboração do "plano de trabalho". Nesse momento foi decidido quais seriam as atividades experimentais a serem realizadas e como, ou seja, que procedimentos caberiam. Fez parte desse momento tomar decisões sobre que materiais seriam necessários, como montar os equipamentos, como e onde coletar e analisar os dados (Carvalho, Azevedo e Nascimento, 2006). Essa tomada de decisões contribuiu para o surgimento de novas hipóteses e estratégias, bem como essas hipóteses e estratégias foram um catalisador do processo de tomada de decisão. Destaca-se que não se trata apenas de testar ou confirmar as teorias/hipóteses por meio do experimento, mas, sim, a compreensão dos conceitos químicos envolvidos no conceito de chuva ácida, bem como as implicações sociais.

Para tanto, com o plano de trabalho construído, os estudantes, no quinto passo, foram para o laboratório fazer a separação e a montagem dos equipamentos, neste caso com materiais alternativos para a realização da experimentação. Com as discussões no pré-laboratório e considerada a pertinência das hipóteses, com mediação do professor foram selecionadas algumas atividades experimentais investigativas. Aqui se apresentam as atividades "a" e "b" como exemplo, as quais, no sexto passo, foram realizadas para testar as hipóteses no laboratório, denominado de experimentação. Seguem as etapas da experimentação:

a) Simulação de uma chuva ácida:

Os alunos, distribuídos em equipes, simularam o processo de uma chuva ácida, montando um sistema adaptado com uma flor suspensa na tampa de um vidro de conserva, contendo água, solução alcalina (detergente) e indicador fenolftaleína, identificando, assim, após a realização do experimento, uma mudança na coloração da solução, de rósea para incolor, e também a mudança de coloração e do aspecto da flor (Figura 1).



Figura 1.- Processo de formação da chuva ácida e mudança de coloração e aspecto de uma flor (arquivo do autor, 2013).

Conforme Carvalho, Azevedo e Nascimento (2006), essas atividades devem ser acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas, para que os estudantes possam construir seu conhecimento. Durante a realização da experimentação, observou-se a curiosidade, a motivação e o interesse dos alunos em testar as hipóteses, estratégias e procedimentos elaborados em equipe no pré-laboratório. Percebemos uma mudança de postura, com alunos mais participativos e interagindo coletivamente, bem diferente da postura apresentada por eles na primeira etapa, conforme afirmam Ferreira, Hartwig e Oliveira (2010, p. 102), que “[...] essa abordagem propicia aos alunos libertarem-se da passividade de serem meros executores de instruções, pois buscar relacionar, decidir, planejar, propor, discutir, relatar [...] ao contrário do que ocorre na abordagem tradicional”.

b) Borrifar uma flor com uma solução de ácido acético (vinagre):

A outra estratégia utilizada consistiu em borrifar uma flor (*viola x wittrockiana*, popularmente conhecida como amor-perfeito) (Flor 2) com ácido acético (5%) durante três dias, quatro vezes ao dia e a outra flor (Flor 1) não foi exposta, utilizada para comparação. Essa hipótese e estratégia foram sugeridas no pré-laboratório pelo aluno A2: “... para testar devemos jogar ácido em uma flor e pronto ela deve mudar de cor”. Essa experiência foi a que gerou mais discussão, uma vez que a Flor 2 era exposta a ácido acético (vinagre) durante três dias, quatro vezes no dia. Dessa forma, muitas discussões convergiram no sentido de que todos queriam participar da investigação.

Conforme as transcrições dos alunos, havia disputa na execução da tarefa de borrifar. A3 relata: “Hoje é minha vez de borrifar o ácido acético na flor”, enquanto A8 contestou: “Você já foi ontem, deve oportunizar outra pessoa”. Outras transcrições foram fundamentadas na expectativa, conforme a manifestação de A5: “Quanto tempo a flor vai levar para mudar sua coloração e seu aspecto? E será que vai mudar mesmo?” Com o passar

dos dias, os estudantes foram verificando que a Flor 1, que não foi borrifada com solução de ácido acético, não mudou sua coloração e aspecto. Já a Flor 2 foi modificando sua coloração e seu aspecto, e, ao término dos três dias, ficou completamente modificada, com alterações em sua coloração e estrutura.

Assim, nota-se um maior envolvimento dos alunos durante as aulas. A observação da mudança de postura e a ressignificação de conceitos químicos são contribuições da experimentação investigativa no enfoque CTS que corroboraram a importância da experimentação no processo de ensino e aprendizagem no ensino de Química (Suart, 2008).

Para o aluno A2, “[...] o ácido realmente muda o aspecto e a pigmentação de uma flor, [...] acredito que deve ser parecido com o que ocorre com a chuva ácida”. E o professor pesquisador perguntou: “Mas, por que ocorre essa mudança em sua coloração?” Ao que o aluno A6 respondeu: “Acho que isso ocorre devido o pH baixo do ácido acético que vai modificando o aspecto da flor e mudando sua coloração”. Isso vai ao encontro das reflexões de Alves et al. (1990), que afirmam que essa diminuição dos teores de clorofila ou pigmentação nas plantas pode ter ocorrido pelos ácidos fortes, que reduz sua síntese ou aumenta sua degradação. Ressalta-se, no entanto, que o ácido acético é um ácido fraco e os ácidos fortes mencionados são o ácido sulfúrico e o ácido nítrico.

O professor questiona novamente: “Quais são as causas da chuva ácida?”. Ao que A8 responde: “... a principal causa em minha opinião é a poluição atmosférica, com a emissão de poluentes como gás carbônico, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre”. O A18 complementa: “Essa poluição é causada por automóveis, motos, indústrias, lixões e queimadas [...]”.

O professor questiona: “Quais são as consequências e as possíveis soluções em relação à chuva ácida?” Vários alunos prontamente responderam e deram exemplos. Segundo A10, “As consequências são para saúde humana, corrosão de estatuas e metais, desmatamento. Para minimizar o transporte coletivo é uma opção”. Segundo A6: “Também prejudica a agricultura e mata os peixes dos rios. Uma solução é investir em sensibilização, usar tecnologias mais sustentáveis”.

Na análise das transcrições, das observações e das anotações em diário de campo, confirmou-se a importância de abordar o ensino de Química com estratégias que possibilitem a participação ativa dos alunos, pois despertam a curiosidade e a motivação para a ciência. Esse tipo de estratégia valoriza a participação de forma ativa e concreta do aluno na resolução de problemas, oportunizando a predição de respostas, teste de hipóteses que levam a outras hipóteses, argumentação, discussão com pares para atingir a compreensão de significados e de conceitos de química (Suart, 2008).

Para o fechamento da etapa experimental, no sétimo passo, e já com os dados e resultados encontrados durante a realização da investigação, os alunos, com a mediação do professor, reuniram-se novamente para o pós-laboratório. Essa reunião visou retomar a análise dos resultados e avaliar o processo. Nesse momento ocorreu a sistematização de todo o processo,

retomando, assim, as hipóteses, os procedimentos, os conceitos e os resultados.

Conforme Santos e Mól (2003), a análise dos dados e os resultados desses experimentos levam à comprovação ou à refutação de algumas hipóteses iniciais, ou até mesmo à elaboração de novas hipóteses a serem testadas em outras situações. Também, nesse momento, várias dificuldades sugeriram, principalmente para organizar os conceitos (sistematização do conhecimento), uma vez que se trata da tradução, em forma de relatório e algébrica, dos resultados. Assim, o diálogo e a escrita são fundamentais nas aulas de Ciências para a construção do conhecimento (Carvalho, Azevedo e Nascimento, 2006). Destaca-se, assim, a importância do pós-laboratório, para retomar, avaliar e sanar possíveis dúvidas ainda existentes, o que, geralmente, não ocorre em "aulas tradicionais".

Produção de Histórias em Quadrinhos: uma maneira diferenciada de aprender química

Durante a realização do estudo, por meio da Experimentação Investigativa no enfoque CTS, observou-se que os alunos participantes do projeto compreenderam os conceitos químicos, relacionando-os com a chuva ácida e suas implicações com questões sociais, ambientais, econômicas, científicas e tecnológicas, permitindo uma ACT dos alunos. Diversos conteúdos foram abordados, tais como: reações químicas, ácidos, bases, sais, óxidos, tabela periódica, solubilidade, polaridade e ligações químicas, mas o foco desse estudo foram os conteúdos relativos a ácidos e a óxidos.

Em relação à questão de problematização inicial, "Por que uma flor, quando exposta a determinados níveis de chuva ácida, muda sua coloração e seu aspecto?", a totalidade dos alunos respondeu, por exemplo, que "... com a combustão do enxofre forma os óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3), que reagem com a água formando o ácido sulfuroso e sulfúrico". É isso que se observa na transcrição da resposta do aluno A4: "Os poluentes como trióxido de enxofre, dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio reagem com água no estado de vapor e formam ácidos, no caso do enxofre, o ácido sulfuroso e o ácido sulfúrico, que alteram os aspectos das flores".

Dessa forma, na resposta de A4 há presença de conceitos e significados científicos mais abrangentes, mostrando que, por meio dessa estratégia, houve uma evolução conceitual, uma vez que pensava, antes da intervenção realizada, que a flor não poderia mudar sua coloração devido à ação da chuva ácida, o que vai ao encontro das reflexões de Alves et al. (1990), quando diz que as pétalas das flores possuem cores mais claras e quando expostas à poluição da combustão do enxofre assumem uma nova cor, produzindo a descoloração e a degradação.

Assim, evidenciou-se uma evolução dos conceitos científicos em relação às concepções iniciais dos alunos. Essa evolução pode ser observada também quando os estudantes foram desafiados a criarem Histórias em Quadrinho (HQs) (Figura 3) de forma que pudessem compartilhar/comunicar o conhecimento científico de maneira lúdica com outros alunos e mapa conceitual (Figura 2).

No mapa conceitual (Figura 2) elaborado pelo aluno A6, percebe-se, claramente, a compreensão e a construção de conceitos químicos, por exemplo, quando relaciona a tecnologia com a problemática inicial (chuva ácida), abordando os processos industriais, as usinas termoelétricas e os veículos de transporte como principal fonte de poluição (SO_2 , NO , NO_2 e N_2O_5). Também apresenta aspectos relacionados ao conceito de chuva ácida, causas, consequências e possíveis alternativas de solução para o problema.

Na HQs (Figura 3), observou-se que, no conteúdo abordado pelo aluno, houve evolução de conceitos químicos relacionados com a ciência e a tecnologia, articulando com os conteúdos abordados e as suas implicações para a sociedade. A abordagem CTS já apresenta a interdisciplinaridade em sua proposta (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2003). Neste estudo participaram deste processo professores de Artes, de Língua Portuguesa, de Sociologia, de Biologia e de Geografia.

Foi possível perceber, pela observação e análise durante o desenvolvimento das atividades, que os alunos tiveram avanços na aprendizagem dos conceitos químicos e suas relações em diferentes contextos (político, ambiental, econômico, social, científico, tecnológico e ético) no ensino por investigação. Isso ficou evidente quando os alunos relacionaram a chuva ácida com os conceitos químicos, seus processos e fontes de poluição na indústria, as implicações sociais, as relações econômicas e políticas da industrialização e as possíveis soluções (Santos e Schnetzler, 2010).

O desenvolvimento deste trabalho possibilitou a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento científico e tecnológico, por meio da experimentação investigativa no enfoque CTS, o que permitiu desenvolver a comunicação, o processo de tomada de decisão (Santos e Mortimer, 2001) e a autonomia intelectual e a responsabilidade (Aikenhead, 1987) dos alunos.

O ensino de Química por investigação mudou a concepção dos alunos em relação à ciência e à tecnologia, uma vez que perceberam que a ciência não possui verdades absolutas, mas, sim, que é transitória. A visão de ciência linear e neutra também foi desconstruída e ressignificada, pois perceberam, a partir da experimentação investigativa, diversos caminhos para a resolução do mesmo problema, bem como que a ciência é influenciada por diversos contextos, fatores e interesses (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2003; Chassot, 2006). A possibilidade de vários olhares de diversas disciplinas sobre o tema chuva ácida ampliou a compreensão dos alunos, o que pode ser observado nas HQs e no mapa conceitual (Figuras 2 e 3).

As HQs foram apresentadas em uma mostra científica que envolveu todos os alunos do colégio. Nesse momento foi possível discutir novamente a questão inicial de estudo, uma vez que tiveram que comunicar o resultado de seus trabalhos. Conforme Freire (1996), o diálogo e a comunicação entre o estudante e o professor ocorrem quando o educador entende as condições da linguagem e do pensar do estudante, o que pode ser verificado conhecendo o educando. Dessa forma, percebe-se que o diálogo é uma ferramenta elementar no processo de ensino e aprendizagem, pois o professor não pode ser visto apenas como o que transmite o conhecimento,

senão que deve ser o agente, mediante o diálogo, capaz de articular as experiências dos alunos com o meio científico, tecnológico e social.

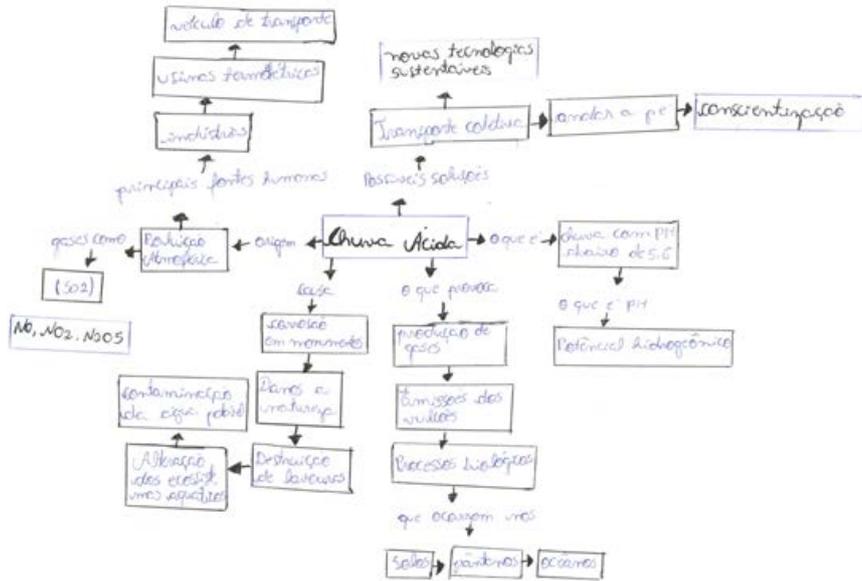


Figura 2.- Mapa conceitual sobre chuva ácida (Aluno A6).



Figura 3.- História em quadrinhos: chuva ácida (Aluno A12).

Assim, nas concepções iniciais dos alunos sobre CTS, verificou-se uma visão positivista da C&T, uma vez que acreditavam que a Tecnologia era a aplicação da Ciência enquanto artefato tecnológico (celular, televisão, rádio) e a única via de avanço da humanidade, pois compreendiam a ciência e a tecnologia como apenas sendo benéficas, que proporcionam o desenvolvimento e a qualidade de vida. Todavia, com as intervenções pedagógicas realizadas, essa visão aos poucos foi se modificando e, ao final do estudo, os alunos mostraram, em suas produções, e especialmente na elaboração da HQs, que a C&T ocasionam também diversas implicações sociais e ambientais negativas para a humanidade (Pinheiro, Silveira e Bazzo, 2007).

Conclusões e implicações

Com a realização desse trabalho, entende-se que a utilização da experimentação investigativa no enfoque CTS no ensino médio promoveu nos alunos uma visão dos contextos científicos e tecnológicos e suas implicações, pois apresentaram mudanças em seus conceitos, que passaram a ser mais elaborados, permitindo-lhes um maior envolvimento (participação ativa) no processo de ensino e aprendizagem, elaborando hipóteses, testando-as e construindo o conhecimento químico na escola, o que pode ser evidenciado nas suas produções e nos seus diálogos, como representados nas HQs.

A experimentação investigativa num enfoque CTS por meio de uma temática sociocientífica contribuiu para a estruturação dos conteúdos no currículo escolar e, também, para a abordagem de conceitos e de significados químicos a partir de temas sociais, permitindo uma nova dinâmica para o ensino de Química. Com a utilização dessa proposta, acredita-se que as aulas experimentais possam ser mais reflexivas, questionadoras e críticas. Nelas, o aluno precisa ser desafiado a participar, a levantar hipóteses e a sair da posição passiva, ou seja, aprender pela investigação/pesquisa. Quando se alcança essa participação, então se percebe nele uma maior autonomia intelectual, sempre partindo de uma problemática real, ao contrário das aulas tradicionais ou das aulas experimentais como "receita de bolo".

A integração da experimentação investigativa no enfoque CTS por meio de um tema sociocientífico foge das estratégias tradicionais, deixando o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico e envolvente, uma vez que aproxima os conceitos químicos de ácidos e óxidos a partir do tema chuva ácida, da realidade do aluno, contextualizando, assim, os contextos científicos, tecnológicos, ambientais, sociais, políticos, econômicos, éticos e culturais, ajudando a desenvolver o processo de tomada de decisão.

Nesse sentido, uma das dificuldades e implicações em relação às atividades experimentais investigativas são as críticas, pois elas partem sem nenhum roteiro definido. É importante enfatizar, porém, que, nesta proposta, os métodos e os procedimentos são construídos junto com os alunos no pré-laboratório, não sendo, portanto, um roteiro elaborado apenas pelo professor. A resistência dos alunos pela proposta no início do estudo é outro desafio, talvez, devido à característica da estratégia que oferece a oportunidade de uma participação ativa em todo o processo,

diferente das abordagens tradicionais, mas que com o desenvolvimento do trabalho, esses desafios foram superados.

Portanto, espera-se que os resultados deste estudo possam ampliar as discussões sobre a experimentação investigativa no ensino de Ciências, em particular, na Química, visando uma melhor compreensão das potencialidades e dificuldades dessa estratégia, estimulando a realização de futuros trabalhos, bem como uma ACT e a estruturação dos conteúdos do currículo escolar em Química a partir de temas sociocientíficos.

Referências bibliográficas

Aikenhead, G. S. (1987). High-school graduates beliefs about science-technology-society: The characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education*, 71(2), 459-487.

Alves, P. L. C. A., Oliva, M. A., Cambraia, J., e Sant'anna, R. (1990). Efeitos da chuva ácida simulada e de um solo de Cubatão (SP) sobre parâmetros relacionados com a fotossíntese e a transpiração de plantas de soja. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 2(1), 7-14.

Auler, D. (2007). Enfoque Ciencia-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Revista Ciência e Ensino*, 1, 1-20. Recuperado de <http://200.133.218.118:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/147/109>.

Auler, D., e Delizoicov, D. (2006). Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 337-355. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART8_Vol5_N2.pdf.

Bazzo, W., Pereira, L. T. V., e Linsingen, I. V. (2003). *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Madrid: OEI.

Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições.

Bybee, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, 71(5), 667-683. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.3730710504>.

Blosser, P. E. (1988). O papel do laboratório no ensino de ciências. Tradução de Moreira, M. A. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 5(2), 74-78. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9824/9049>.

Capra, F. (1996). *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix.

Carvalho, A. M. P., Azevedo, M. C. P. S., e Nascimento, V. B. (2006). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Carvalho, A. M. P. (1999). *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: Editora da USP – Faculdade de Educação.

Chassot, A. (2006). *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Ijuí: Editora da Unijuí.

Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 22, 89-100. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf>.

Dias, G. F. (2002). *Iniciação à temática ambiental*. São Paulo: Global.

Ferreira, L. H., Hartwig, D. R., e Oliveira, R. C. (2010). Ensino experimental de Química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química nova na escola*, 32(2), 101-106. Recuperado de http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf.

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Ega.

Giani, K. (2010). *A experimentação no ensino de Ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa* (Dissertação Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de Brasília, Brasília.

Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, 10, 43-49. Recuperado de <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>.

Gondim, M. S. C., e Mól, G. S. (2006). *Experimentos investigativos em laboratório de Química Fundamental*, 1-10. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p720.pdf>.

Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, 31(3), 198-202. Recuperado de http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31_3/08-RSA-4107.pdf.

Hodson, D. (1994). Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21370/93326>.

Jesus, E. F. R. (1996). A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica. *Sitientibus*, 14, 143-153.

Koepsel, R. (2003). *CTS no ensino médio – aproximando a escola da sociedade*. (Dissertação Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Ministério da Educação Brasil (2006). Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio de Química (PCN)*. Brasília, Distrito Federal: MEC/SEB.

Moreira, H., e Caleffe, L. G. (2008). *Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador*. Rio de Janeiro: Lamparina.

Moreira, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. (2013). Em *Textos de Apoio ao Professor de Física*, 24(6). Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira.pdf.

Neto, S. L. (2012). *Contos gaucheses e lendas do sul*. Porto Alegre: L & PM.

Oliveira, N., e Soares, M. H. B. (2010, julho). *As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de*

ensino médio e suas interações com o lúdico. XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ), Brasília, Brasil. Recuperado de <http://www.sbgq.org.br/eneq/xv/resumos/R1316-1.pdf>.

Paraná, Secretaria de Estado da Educação. (2008). *Diretrizes Curriculares de Educação Básica: Química*. Curitiba: Imprensa Oficial.

Piel, E. J. (1993). Decision-making: a goal of STS. Em R. E. Yager (Ed.), *The science, technology, society movement* (pp. 147-152). National Science Teachers Association: Washington.

Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F., e Bazzo, W. A. (2007). Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, 13(1), 71-84. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v13n1/v13n1a05.pdf>.

Prsybyciem, M. M. (2015). *A experimentação investigativa em um enfoque CTS no ensino das funções químicas inorgânicas de ácidos e óxidos na temática ambiental*. (Dissertação Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.

Ramsey, J. (1993). The science education reform movement: implications for social responsibility. *Science Education*, 77(2), 235-258. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.3730770210/abstract>.

Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167-182. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069970190203>.

Reigota, M. (2006). *O que é educação ambiental*. São Paulo: Brasiliense.

Santos, W. L. P., e Mortimer, E. (2001). Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de Química. *Ciência & Educação*, 7(1), 95-111. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/07.pdf>.

Santos, W. L. P., e Mól, G. S. (2003). *Química & Sociedade: a ciência, os materiais e o lixo*. São Paulo: Editora Nova Geração.

Santos, W. L. P., e Schnetzler, R. P. (2010). *Educação em química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: Editora da Unijuí.

Segura, D. S. B. (2001). *Educação Ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica*. São Paulo: Annablume.

Silva, E. L. (2007). *Educação ambiental em aulas de Química em uma escola pública: sugestões de atividades para o professor a partir da análise da experiência vivenciada durante um ano letivo*. (Dissertação Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília.

Silva, L. H. A., e Zanon, L. B. (2000). A experimentação no ensino de Ciências. Em R. P. Schnetzler e R. M. R. Aragão (Orgs.), *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens* (pp. 120-153). Piracicaba: CAPES/UNIMEP.

Simon, I. (1999). *A revolução digital e a sociedade do conhecimento*. Recuperado de <http://www.ime.usp.br>.

Suart, R. C. (2008). *Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de Química em atividades experimentais investigativas*.

(Dissertação Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Suart, R. C., e Marcondes, M. E. R. (2009, novembro). *A argumentação em uma atividade experimental investigativa no ensino médio de Química*. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VII Enpec). Florianópolis, Brasil. Recuperado de <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/222.pdf>.

Solomon, J. (1988). Science technology and society courses: tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, 10(4), 379-387.

Tamir, P. (1991). Practical work at school: An analysis of current practice. Em Woolnough, B. (ed). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press.