

Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA): uma discussão acerca do Equilíbrio Químico no ensino superior

Science, Technology, Society, Environment Approach (CTSA): a discussion on Chemical Equilibrium in higher education

Resumo

Neste estudo apresentamos uma pesquisa desenvolvida com estudantes do curso de agronomia de uma universidade pública paranaense, cujo objetivo é identificar contribuições do ensino de equilíbrio químico por meio da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA). Para a compreensão científica e contextual da produção da amônia no início do século XX, realizaram-se diversas atividades que buscavam auxiliar na compreensão dos conhecimentos químicos e do contexto histórico da produção de fertilizantes. A intervenção foi finalizada com um debate entre quatro grupos representativos, intitulados atores sociais (indústria química, ambientalistas, governo e agricultores). Como resultado, observa-se que os estudantes foram capazes de explicar alguns conceitos envolvidos no processo de síntese da amônia, bem como relacionar os aspectos sociocientíficos referentes à problemática apresentada. Diante dos resultados, julgamos relevante o desenvolvimento de atividades que utilizam a perspectiva CTSA, uma vez que são capazes de formar cidadãos mais críticos e preparados para atuar diante de situações problemas.

Palavras chave: ensino de química, fertilizantes, processo Haber-Bosch, síntese da amônia.

Abstract

In this study we show results of a research developed with agronomy undergrad students from a public university of Paraná state. The aim is to identify the contributions of teaching chemical balance in the Scientific-Technological-Society-Environmental approach. For scientific and contextual comprehension of ammonia production in the beginning of the XX century, it was developed diverse activities which seek to understand the chemical knowledge as well as the historical context of the fertilizers production. The intervention was ended with a debate among four representative groups, entitle social actors (chemical industry, environmentalists, government and agricultures). As a result, it was observed that students were able to explain concepts about ammonia synthesis and also relate social scientific aspects regarding the issue presented to them. Thus, we judged that the development of the activities in the CTSA perspective was relevant, once this method is capable to develop more critical and prepared citizens to act and face problematic situations.

Key words: chemistry teaching, fertilizers, Haber-Bosch process, ammonia synthesist.

Introdução

Nos últimos anos, os estudos em ensino de ciências têm expressado uma preocupação em possibilitar a construção de conhecimentos científicos que permitam ao indivíduo agir criticamente na sociedade, de modo a exercer plenamente a cidadania. Neste sentido, o ensino de química não deve estar focado apenas nos conhecimentos químicos por si só, mas deve contribuir diretamente para a formação do cidadão. Essa ideia foi debatida amplamente no âmbito do ensino de ciências, em especial a partir do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e sua relação com a educação científica.

Segundo Bazzo *et al.* (2003), os estudos CTS surgiram no final da década de 60 e início dos anos 70 e vem se desenvolvendo em três grandes direções: no campo da pesquisa, da política pública e da educação. Os autores destacam duas vertentes para os estudos CTS: a tradição europeia e a americana. Enquanto na tradição europeia a ênfase está no distanciamento de uma visão mais tradicional e distorcida da ciência e da tecnologia, a tradição americana está centrada nas consequências sociais e ambientais relacionadas ao desenvolvimento científico-tecnológico. Dessa forma, pode-se encontrar na literatura o uso dos termos CTS ou CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Neste estudo, pelo fato de abordar uma problemática com ênfase no ambiente, adotaremos o termo CTSA.

A influência do movimento CTS também repercutiu no ensino de ciências, desse modo, Santos e Schnetzler (1997) sinalizam a importância da participação dos alunos, como sujeitos que estão inseridos no meio natural (âmbito científico), no meio artificialmente construído (âmbito tecnológico) e no meio social (âmbito social), portanto, estes âmbitos podem levá-los a buscar o conhecimento visando a participação na sociedade moderna. Dessa forma, destacam-se as principais características do ensino CTSA, tais como a organização das matérias em temas sociocientíficos, como saúde, alimentação e agricultura, recursos energéticos, indústria e tecnologia, ambiente, transferência de informação e tecnologia, ética e responsabilidade social; a exploração, uso e decisões submetidas a julgamento de valor; lidar com problemas verdadeiros em seus contextos reais, por meio de uma abordagem interdisciplinar, entre outros.

Para Santos e Mortimer (2002) o ensino CTSA é caracterizado como o ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social. Neste sentido, busca-se integrar a educação científica, tecnológica e social, de tal forma que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos. (LÓPEZ e CERREZO, 1996)

Segundo Aikenhead (1994), a abordagem CTSA na educação pode diferenciar nos objetivos de ensino, sendo que o autor elenca oito categorias que dão maior ênfase ao conteúdo e menor importância ao enfoque CTSA até categorias em que a abordagem CTSA é o foco e os conteúdos aparecem de forma complementar. Dentre as oito ênfases de Aikenhead (1994), neste estudo o objetivo CTSA se enquadra na categoria Ciência junto com o conteúdo CTS, na qual os conteúdos científicos e CTSA são avaliados igualmente e o foco de ensino está nos aspectos CTSA e o conteúdo científico relevante enriquece o aprendizado.

Dessa forma, uma possibilidade de contemplar na educação a preocupação expressa pelo movimento CTS é com a utilização de sequências de ensino com o foco para a formação cidadã. Estas propostas didáticas, dentro de uma perspectiva construtivista de aprendizagem, podem incorporar o contexto social dos estudantes com base em situações problematizadoras, a fim de tornar os conhecimentos significativos. Tais situações devem ser motivadoras, capazes de

provocar um “conflito cognitivo e promover a atividade mental do aluno, necessários para que estabeleça relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios”. (ZABALA, 1998, p.63)

Assim, na elaboração de atividades CTSA são estabelecidos alguns critérios, tais como: contemplar a interação entre CTSA; promover pontos de vista equilibrados aos estudantes para que possam eleger seu ponto de vista a partir do conhecimento de várias opiniões; exercitar com os estudantes a tomada de decisão e resolução de situações problemas promovendo ações responsáveis por parte dos estudantes; buscar a integração entre os alunos e possibilitar a eles uma visão mais ampla de CTSA com a inclusão de questões éticas e de valores.

Considerando esses critérios, a sequência de ensino apresentada neste estudo abordou o equilíbrio químico por meio de uma problemática histórica que é a síntese da amônia. Esse processo, conhecido como Processo de Haber-Bosch, proporcionou ao mundo a melhoria na produção de fertilizantes, bem como, seu uso na fabricação de explosivos. Desse modo, além de tratar dos aspectos científicos relativos à síntese da amônia, como o rendimento da reação, o controle das variáveis, entre outros aspectos, pode-se discutir aspectos tecnológicos da produção industrial de amônia, aspectos sociais causados por essa produção, bem como aspectos ambientais que o uso indiscriminado dos fertilizantes pode causar ao meio ambiente.

Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar as contribuições de uma sequência didática desenvolvida com estudantes do primeiro ano do curso de agronomia, para a compreensão do conteúdo equilíbrio químico, relacionando-o com os aspectos da Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Nessa perspectiva, também foi possível delinear algumas lacunas identificadas durante o desenvolvimento da sequência didática.

Contexto do estudo

Este estudo, de caráter qualitativo, foi realizado com dezoito estudantes do primeiro do curso de agronomia de uma universidade pública paranaense no âmbito da disciplina de Química Geral. Para a abordagem do conceito de equilíbrio químico elaborou-se uma sequência didática de dez horas aula que abordou o contexto de produção de amônia no início do século XX, com ênfase nos aspectos CTSA. A problemática apresentada aos estudantes estava centrada na baixa produtividade dos alimentos e o papel do nitrogênio na nutrição do solo. Essa problemática mostrou-se relevante para os estudantes do curso de agronomia, visto que se apresenta no contexto de atuação desses profissionais.

Nessa perspectiva, foi discutido com os estudantes sobre a necessidade da síntese da amônia em laboratório, bem como os fatores que interferem no rendimento deste produto, inseridos no âmbito do conceito de equilíbrio químico, como a variação da concentração de reagentes e produtos, a temperatura, a pressão e o uso de catalisador. Para o fechamento das discussões, os estudantes foram divididos em quatro grupos representativos, intitulados de atores sociais envolvidos no contexto da produção da amônia, sendo eles a indústria química, os ambientalistas, os agricultores e os políticos, visando a discussão das relações entre a CTSA.

Os dados foram coletados por meio de gravação em áudio das discussões realizadas em sala, da avaliação escrita e de uma síntese escrita feita pelos estudantes após o debate. Para análise dos dados, realizou-se a análise de conteúdo conforme Bardin (1979), visando a discussão em duas esferas: conhecimento científico acerca da síntese da amônia e relações entre CTSA a partir da problemática proposta. Portanto, discutiremos as contribuições do desenvolvimento

dessa sequência didática considerando duas categorias estabelecidas *a priori*: Compreensão científica da síntese da amônia e Compreensão contextual da síntese da amônia.

Resultados e Discussões

A aplicação da sequência didática ocorreu no segundo semestre de 2016. Os estudantes do curso de agronomia mostraram-se interessados na problemática apresentada, pelo fato de abordar a química em um contexto real, possibilitando a discussão de aspectos relativos ao contexto de atuação destes profissionais. Além disso, por meio da problemática, os estudantes puderam expor suas ideias prévias, levantar hipóteses e buscar solução para o problema proposto. Nesse sentido, identificamos que esta foi uma contribuição importante para a formação destes estudantes. No que se refere à participação dos mesmos nas atividades propostas, pode-se evidenciar significativa mudança na postura de alunos menos comprometidos com a disciplina, favorecendo e/ou criando um ambiente para a aprendizagem. A seguir, discutiremos as contribuições da sequência didática nos dois âmbitos estudados, científico e contextual.

Compreensão científica da síntese da amônia

A discussão dos aspectos científicos foi realizada por meio de atividades em grupo, em que os estudantes deveriam analisar a influência da concentração, pressão e temperatura no rendimento da amônia, bem como identificar as melhores condições experimentais para a ocorrência dessa reação no início do século XX. Dentre os aspectos discutidos, considerou-se importante a capacidade dos estudantes em analisar os fatores que afetam o rendimento da reação, realizar o cálculo da constante de equilíbrio, interpretando o significado qualitativo deste valor, além da interpretação de gráficos, sendo que estes aspectos foram avaliados ao final da sequência didática por meio de avaliação escrita formal.

No que se refere à compreensão dos fatores que contribuem para o aumento na produção de amônia, oito estudantes foram capazes de discutir a influência da temperatura no sentido da reação química e outros dez estudantes apresentaram dificuldades em relacionar esse fator com o deslocamento do equilíbrio a partir do princípio de Le Châtelier, conforme ilustrado por A6 (Aluno 6):

Com o aumento da temperatura favorece o sentido inverso, já sua diminuição o direto. Porque quando aumenta a temperatura os produtos que são endotérmicos absorve a temperatura para a formação de reagente, já ao contrário os reagentes na formação dos produtos libera energia (A6 – Avaliação formal).

Este estudante analisa o sentido endotérmico e exotérmico da reação a partir dos dados fornecidos (entalpia de reação) e discute como a variação da temperatura desloca o equilíbrio. Embora a explicação seja coerente, ainda há dificuldade na utilização da linguagem científica para explicar de forma completa a situação apresentada.

Nesta perspectiva, Santos *et al.* (2007) discutem que a significação dos fenômenos, à luz do conhecimento científico, necessariamente passa pela linguagem química, de modo que as expressões e os termos utilizados permitem articular o pensamento e a fala de uma forma diferente do senso comum e, conseqüentemente, denota acerca da interpretação que o indivíduo tem sobre os fenômenos diários, sob o viés do conhecimento científico.

Em relação ao cálculo da constante de equilíbrio para a reação $(\text{N}_{2(\text{g})} + 3 \text{H}_{2(\text{g})} \leftrightarrow 2 \text{NH}_{3(\text{g})})$, oito estudantes elaboraram a fórmula da constante de equilíbrio ($K_{\text{eq}} = (\text{P}_{\text{NH}_3})^2 / (\text{P}_{\text{N}_2}) \times (\text{P}_{\text{H}_2})^3$) e calcularam corretamente o valor a partir dos dados fornecidos. No entanto, desses oito estudantes, cinco não souberam interpretar qualitativamente o valor obtido, isto é, não souberam analisar as relações entre a grandeza do valor e o sentido da reação. Outros dez estudantes não construíram a expressão da constante e/ou não calcularam o valor da mesma, indicando uma dificuldade na compreensão desse conceito.

Para Johnstone (1997), o conhecimento químico deve ser contemplado pelos aspectos macroscópicos, microscópicos e simbólicos, de modo que, quando um destes aspectos não foi compreendido pelos alunos, em sala de aula, verificam-se falhas ou dificuldades na aprendizagem conceitual. Neste sentido, os cinco estudantes que souberam elaborar a fórmula da constante de equilíbrio, calcular seu valor, mas que não conseguiram interpretar os dados a fim de compreender o real significado destes termos, ilustram a dificuldade que muitos estudantes possuem ao aprender sobre química: trabalhar com os três aspectos desse conhecimento propostos por Johnstone (1997). Este fato, possivelmente revela que os estudantes não construíram um conhecimento significativo sobre tais aspectos, de modo que utilizam mecanicamente alguns dos termos químicos e fórmulas envolvidas na compreensão do fenômeno sem, contudo, compreendê-lo de fato.

Por fim, com relação à interpretação gráfica do sentido da reação (Figura 1), dezessete estudantes explicaram corretamente o deslocamento do equilíbrio, e apenas um estudante não realizou essa explicação. A justificativa dada pelos estudantes estava centrada na presença de reagentes e produtos, como exemplificado no seguinte trecho escrito por A7 (Aluno 7):

O gráfico (a) representa a reação no sentido direto, pois, a partir dos reagentes H_2 e N_2 é que está favorecendo a formação do produto NH_3 . O gráfico (b) representa a reação no sentido inverso, pois, à partir do NH_3 é que estão sendo formados os agora “produtos” H_2 e N_2 . (A7 – Avaliação formal)

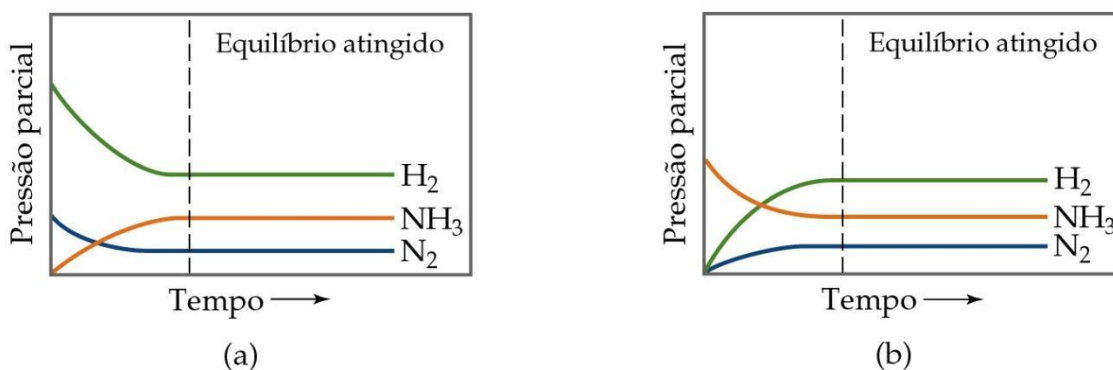


Figura 1: Gráficos da reação da síntese da amônia

Nesta fala fica evidente que a explicação foi realizada de forma coerente, com adequada utilização da linguagem científica, sendo que a compreensão da reversibilidade também se mostra na fala desse estudante.

De modo geral, com relação à compreensão científica da reação da síntese da amônia, os estudantes possuem maior facilidade na interpretação gráfica do sentido da reação, e apresentam maior dificuldade no cálculo da constante e/ou na interpretação qualitativa deste

valor e na explicação do rendimento da amônia a partir da manipulação de fatores como pressão, temperatura e concentração.

Concordamos com Wartha e Rezende (2011) ao afirmarem que o conhecimento químico é constituído de modelos teóricos, formados por um corpo de enunciados, que passam a adquirir conteúdo quando são associados, indiretamente, a aspectos observáveis da realidade exterior. Em outras palavras, a interpretação conduz a um modelo teórico que tem a pretensão de ser a própria representação mental (teórica e interna) dessa realidade.

Durante essa interpretação, os aspectos enunciados por Johnstone (1997) devem se correlacionar a fim de dar sentido científico ao fenômeno estudado. Por isso, quando existe dificuldade em compreender qualquer um dos aspectos: macroscópico, microscópico e/ou simbólico, bem como de relacioná-los, surgem lacunas na aprendizagem do estudante e, conseqüentemente, o mesmo não consegue construir plenamente os conhecimentos químicos relacionados ao fenômeno.

Compreensão contextual da síntese da amônia

O fato de apresentar o contexto desde o início até o final da aplicação da sequência didática, por meio de uma problemática contribuiu para a compreensão contextual da síntese da amônia. Na avaliação formal, dezesseis estudantes foram capazes de explicar o contexto da produção de amônia no início do século XX, como observado no fragmento a seguir:

A síntese da amônia foi importante pois, inicialmente essa amônia foi utilizada como fertilizante nas lavouras, para aumentar a quantidade de N fixado pelas plantas. Posteriormente, ela passou a ser utilizada para produzir armamentos, como bombas, por exemplo. Na ciência, a síntese foi importante porque, a partir dela, descobriu-se maneiras diferentes de aumentar a capacidade de produção da própria amônia (NH₃) e conseqüentemente de outras substâncias, possibilitando um avanço tecnológico, científico e bélico significativo. (A3 – Avaliação formal)

Estas discussões evidenciam a compreensão por parte dos estudantes acerca do contexto de produção da amônia, sua utilização, bem como os impactos desta na sociedade e ambiente. Alguns estudantes explicaram a contribuição da síntese da amônia considerando o contexto de atuação desses profissionais, como exemplificado na seguinte resposta:

O processo de Haber para a síntese da amônia foi um grande avanço no século XX, pois ele fez a relação para a fixação do nitrogênio atmosférico, e para o meio agrônômico teve grande importância porque foi o criador e criou o fertilizante que propiciou um aumento na produção de grãos a partir desse avanço. (A13 – Avaliação formal)

Os aspectos contextuais foram melhor explorados a partir do debate, em que cada grupo representativo deveria defender o ponto de vista de seu ator social, buscando integrar de forma democrática os aspectos CTSA acerca da utilização da amônia. Para a realização do debate, os estudantes receberam um breve texto que continha um estudo de caso histórico, em que a filha de um agricultor do período pré Primeira Guerra discutia alguns pontos importantes do contexto de produção de amônia. Cada ator social recebeu um breve problema que deveria apresentar e defender durante o debate. Todos os estudantes mostraram-se engajados na defesa do ponto de vista de seu ator social, bem como houve significativa contribuição para o desenvolvimento do trabalho coletivo e da argumentação dos estudantes.

O grupo representativo da indústria explorou as condições ideais para a síntese da amônia, bem como o desenvolvimento dessa reação em larga escala. Os estudantes representantes dos ambientalistas evidenciaram uma política sustentável da produção da amônia, discutindo sobre os impactos da utilização indevida dos fertilizantes nitrogenados na agricultura para o meio ambiente e a saúde humana. O grupo representativo dos agricultores discutiram sobre a diferença dos produtos quando se utiliza o fertilizante para nutrir o solo e quando não há a correta adubação do solo. Além disso, defenderam a utilização adequada dos fertilizantes. Por fim, o grupo dos políticos propuseram a destinação igualitária de amônia para a produção de fertilizantes e para a produção de armamento bélico, visto que no contexto apresentado, o fortalecimento da economia e do poder do país produtor de amônia era de fundamental importância.

Após o debate, os estudantes foram convidados a sintetizar sua compreensão acerca dos aspectos CTSA da problemática apresentada. Buscamos evidenciar em qual âmbito os estudantes davam maior ênfase em sua síntese: Científico, Tecnológico, Social e/ou Ambiental.

Com relação aos aspectos científicos, onze estudantes demonstraram a compreensão química da reação de síntese da amônia, como evidenciado nas seguintes falas:

Em 1908 um químico, Fritz Haber, teorizou uma maneira de realizar o feito de acelerar o processo da amônia com baixos custos. Os dados que ele obteve à partir de experimentações para produção acelerada da amônia foram: realizar a reação a 450 °C, 200 a 600 atm de pressão, utilizando catalisadores como Fe, K, Al para aumentar também a velocidade da reação, aumentar a concentração de reagentes utilizados, retirar o produto do sistema (A7 - Debate).

Neste trecho fica evidente a compreensão dos fatores concentração, pressão, temperatura e uso de catalisadores para obter melhor rendimento possível da amônia. No entanto, na fala desse estudante, ao invés de discutir em termos de rendimento, este apresenta sua ênfase no tempo de reação, isto é, fatores cinéticos.

Com relação aos aspectos tecnológicos, sete estudantes discutiram brevemente sobre a influência da tecnologia na síntese da amônia, sendo que na maior parte das discussões feitas, a ciência e tecnologia aparecem imbricadas nas explicações dadas pelos alunos. Essa questão pode ser observada de forma bastante explícita nos exemplos abaixo:

A relação da química com a tecnologia é de extrema importância pois ambas andam juntas no campo de pesquisa para que haja um bom senso entre a produção em larga escala porém sem agredir o meio ambiente (A12 - Debate).

A amônia (produção química) foi inventada por um cientista chamado Fritz Haber, que conseguiu criar um processo no qual a amônia era gerada afim de ser utilizada como fertilizante para a terra, porém ele não conseguiu fazer a máquina com pressurização suficiente para a síntese da mesma, Carl Bosh, cientista, criou essa máquina e se juntou a Haber, então o processo ficou conhecido como Haber-Bosh (A17 - Debate).

Enquanto A12 discute de forma geral a relação entre ciência e tecnologia, A17 explica com mais detalhes como essa relação se efetivou no caso da síntese da amônia, visto que não bastava o estudo do rendimento da reação, mas a tecnologia necessária para elevar a produção de amônia para escala industrial.

Santos (2007), destaca que essa relação entre CT, quando ocorre de modo reducionista, isto é, desconsiderando a existência de construções subjacentes à produção do conhecimento científico-tecnológico, acaba gerando a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, uma perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia e o determinismo tecnológico, contribuindo para uma compreensão inadequada das relações CTSA.

Já com relação aos aspectos sociais, onze estudantes foram capazes de refletir sobre os impactos da produção de amônia na sociedade, tanto referente à produção de alimentos quanto a produção de armas químicas para a primeira guerra mundial. Os exemplos abaixo ilustram essa discussão: *Visto que a população precisa ser alimentada e que a agricultura é um setor que influencia muito na economia do país, essa é mais uma contribuição que a síntese da amônia trouxe* (A15 - Debate); *Haber também teve uma contribuição valiosa para a Alemanha durante a 1ª Guerra Mundial, através de seus estudos sobre a aplicação da amônia para produzir a pólvora, foi possível reduzir os custos na obtenção de explosivos, usados em grande escala nas batalhas* (A1 - Debate).

Por fim, o ambiente foi o que obteve maior ênfase nas discussões dos estudantes (doze alunos), talvez justificado pela área de atuação dos profissionais da agronomia estar diretamente relacionada ao ambiente. Entre os aspectos discutidos evidencia-se a importância do nitrogênio para o crescimento das plantas, os impactos causados pela utilização inadequada dos fertilizantes nitrogenados, bem como a preocupação com uma produção sustentável. A fala abaixo ilustra algumas dessas relações:

[...] ela [amônia] é importante como fertilizante porque as plantas em geral necessitam de nutrientes para crescerem saudáveis, e nem sempre o solo tem essa quantidade de nutrientes necessária, e é preciso suplementar com fertilizantes. É de extrema importância ter os devidos cuidados em suas aplicações, para não ocorrer o excesso de amônia no solo, que no futuro pode chegar a degradação da terra (A13 - Debate).

Assim como observado em relação à associação mais evidente entre CT, a ênfase na relação SA também foi apresentada nas discussões feitas por quatro estudantes, como exemplificado a seguir: *A relação da química com a tecnologia é fundamental atualmente e de modo geral com a sociedade e o ambiente também para existir harmonia e não agredir ambas as partes* (A16 - Debate). Essas relações evidenciam uma compreensão ainda incompleta do contexto como um todo e faz a discussão das implicações da CT na SA.

Conforme ressalta Auler (2007), esse pensamento denota uma visão de progresso linear que reflete em um modelo tradicional de pensar ciência. Nas palavras do autor, o modelo linear de progresso considera que “o desenvolvimento científico (DC) gera desenvolvimento tecnológico (DT), este gerando o desenvolvimento econômico (DE) que determina, por sua vez, o desenvolvimento social (DS – bem-estar social).” (AULER, 2007, p. 8)

Por fim, pode-se notar que em sete falas há a ênfase em uma perspectiva salvacionista da ciência, no sentido de que ela pode colaborar para o desenvolvimento econômico e social, desconsiderando que a ciência como uma construção humana pode ser influenciada pelos âmbitos políticos e econômicos em detrimento de sua função social e, portanto, indicam uma visão ingênua da ciência. O estudante A14 enfatiza: *A ciência é necessária para que possa ocorrer avanços que melhoram tudo que existe, ou seja, fazer descobertas para poder melhorar as produções alimentícias, melhorar a saúde e conseqüentemente uma melhoria de vida* (Debate).

No geral, a compreensão contextual da síntese da amônia evidencia que os estudantes foram capazes de relacionar os diversos âmbitos estudados e o debate se mostrou uma importante estratégia para refletir sobre aspectos CTSA na produção de amônia. No entanto, os estudantes ainda possuem uma visão de ciência na perspectiva salvacionista e/ou apresentam uma visão linear de progresso científico.

Considerações Finais

Este estudo possibilitou identificar algumas contribuições da abordagem CTSA para formação de cidadãos críticos capazes de lidar com uma situação problema. Dentre elas, destacam-se a compreensão científica acerca do processo de síntese de amônia, bem como a discussão contextual envolvendo a CTSA para compreensão do cenário de produção de amônia no início do século XX. Entre as principais lacunas identificadas ressaltamos uma compreensão ainda inadequada da ciência, como a noção de que a mesma pode resolver todos os problemas característico da perspectiva salvacionista, bem como que a noção de que a ciência aliada à tecnologia influencia a sociedade e o ambiente, evidenciando uma visão linear de progresso científico. Por fim, enfatizamos que a atividade do debate propiciou uma maior compreensão do contexto e desenvolveu habilidades como o trabalho coletivo e a construção de argumentos na defesa do ponto de vista do ator social representado.

Agradecimentos e apoios

À Universidade Estadual de Maringá e aos estudantes do primeiro ano do curso de agronomia pela colaboração com o desenvolvimento deste estudo.

Referências

- AIKENHEAD, G. S. What is STS teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G.S. (Eds.). **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, p. 47-59, 1994.
- AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, p. 1 - 20, 2007.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Ed. 70, 1979.
- BAZZO, W.; LISINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução aos Estudos CTS** (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Espanha: OEI, 2003.
- JOHNSTONE, A. H. Information processing model. **Journal of Chemical Education**, v.74, p.262-268, 1997.
- LÓPEZ, J. L. L., CEREZO, J. A. L. Educación CTS en acción: enseñanza secundaria y universidad. In: GARCÍA, M. I. G., CEREZO, J. A. L., LÓPEZ, J. L. L. **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Editorial Tecnos S. A, 1996.
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS numa perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, p. 1 - 12, 2007.
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: Compromisso com a**

cidadania. 3ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 1997.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio** – Pesquisa em Educação em Ciências – Belo Horizonte, v.2, n.2, p.133-162, 2002.

SANTOS, N. S.; SOUZA, P.; TAVARES, L. H. W.; ROGADO, J. Investigando a linguagem escrita no ensino de química: visão e apropriação dos estudantes. **Anais...** VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (VI ENPEC), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2007.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.16, n.2, p.275-290, 2011.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.