

ENSINO & MULTIDISCIPLINARIDADE

Jul. | Dez. 2019 – Volume 5, Número 2, p. 21-35.

Termoquímica na perspectiva CTSA para o processo de alfabetização científica de alunos do 2º ano do Ensino Médio

Thermochemistry in the STS perspective for the process of scientific literacy of 2nd year high school students

Andressa Algayer da Silva Moretti¹ - <https://orcid.org/0000-0002-9616-0601>
Zenaide de Fatima Dante Correia Rocha² - <http://orcid.org/0000-0002-1489-6245>

¹ Doutoranda em Educação para a Ciência. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Faculdade de Ciências. Campus de Bauru. Bauru, São Paulo, Brasil. E-mail: andressa.moretti@unesp.br

² Doutora em Educação. Professora do Ensino Superior, Departamento de Ciências Humanas (DACHS). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campus Londrina. Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: zenaiderocha@utfpr.edu.br

Resumo

Divergindo do ensino dito tradicional, a perspectiva educacional Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA) contribui para promover a alfabetização científica (AC) e tecnológica dos estudantes ao vincular o conteúdo científico ao cotidiano. O objetivo deste trabalho foi analisar a contribuição de uma sequência didática (SD) estruturada nos três momentos pedagógicos (3MP), com o conteúdo de termoquímica na perspectiva CTSA, para o processo de AC de alunos do 2º ano do Ensino Médio. A SD “Qual a química que você respira?” contemplou três etapas: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento. As análises dos dados, referentes ao segundo momento pedagógico, foram fundamentadas nos indicadores da AC de Sasseron e Carvalho. Como instrumentos de coleta, aplicou-se um questionário relacionando a termoquímica à poluição ambiental e à saúde humana. Foi possível perceber avanços na aprendizagem de conceitos científicos dos alunos, evidenciados pelos indícios da AC. Os indicadores da AC demonstraram que as respostas dos alunos se encontram nos grupos 2 e 3, de acordo com a fundamentação teórica das referidas autoras. Provavelmente isto ocorreu por terem sido utilizados diferentes recursos didáticos, e pelo fato de a SD ter sido estruturada nos pressupostos de CTSA.

Palavras-chave: CTSA. Alfabetização Científica. Ensino e aprendizagem. Termoquímica.

Abstract

Diverging from the traditional teaching, the educational perspective Science, Technology, Society and Environment (STS) contributes to promoting scientific and technological literacy (SL) of students by linking

Como citar: MORETTI, A. A. S.; ROCHA, Z. F. D. C. Termoquímica na perspectiva CTSA para o processo de alfabetização científica de alunos do 2º ano do Ensino Médio. **Ensino e Multidisciplinaridade**, v. 5, n. 2, p. 21-35, 2019.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

scientific content to daily life. The objective of this work was to analyze the contribution of a didactic sequence (DS) structured in the three pedagogical moments (3PM), with the content of thermochemistry in the STS perspective, for the SL process of 2nd year high school students. An DS “What chemistry do you breathe?” contemplated three stages: the initial problematization, the organization of knowledge and the application of knowledge. Data analysis, referring to the second pedagogical moment, was based on the indicators of the SL of Sasseron and Carvalho. As collection instruments, a questionnaire was applied relating thermochemistry to environmental definition and human health. It was possible to notice advances in the students' learning of scientific concepts, evidenced by the evidence of SL. The SL indicators showed that the students' answers were chosen in groups 2 and 3, according to the authors' theoretical foundation. This is probably due to the use of different teaching resources and the fact that SD was structured on the assumptions of STS.

Keywords: STS. Scientific Literacy. Teaching and learning. Thermochemistry.

Introdução

Da relação entre a ciência e o desenvolvimento humano no campo das Ciências da natureza, há o crescente interesse dos docentes na busca por metodologias de ensino e aprendizagem de conteúdos científicos com abordagens mais interativas em substituição ao ensino tradicional. Isso porque na abordagem tradicional e conceitual, de acordo com Carvalho (2016), o conteúdo científico é apresentado de maneira muito distante da realidade dos educandos, de forma que as aprendizagens que são geradas, quando são, necessitam de significação a esses sujeitos. Uma das maneiras de reverter essa questão é buscar a aproximação da ciência com a vida dos estudantes, ou seja, vincular o conteúdo científico ao seu cotidiano.

Nesse aspecto, Pinheiro et al (2007) apontam a relevância do profissional docente em não enxergar um saber fragmentado, apenas encaixando-os em áreas específicas, mas sim de unir diferentes fontes de saberes e incentivar as práticas pedagógicas que tenham como cerne a capacidade de tornar os saberes permeáveis entre si, desenvolvendo, portanto, a aptidão da mente humana para integrar e contextualizar os saberes.

O ensino de Química na perspectiva educacional Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA) se atenta em ampliar o processo de ensino e aprendizagem para além da área escolar, se utilizando da compreensão dos conteúdos científicos como um meio para promover a formação crítica do indivíduo, ou seja, de forma a galgar a ciência e o cotidiano do estudante (MORETTI, 2019). Para isso, torna-se necessário a compreensão do conteúdo de maneira integrada, utilizando o conhecimento de várias disciplinas para resolver um problema real ou compreender um determinado fenômeno de acordo com diferentes pontos de vista.

Para amparar tal perspectiva educacional, a alfabetização científica (AC) retratada por Sasseron e Carvalho (2008, 2010) e discutida por diferentes autores como Auler e Delizoicov (2001), Chassot (2011) e Santos e Mortimer (2001), possui como essência a preocupação com o ensino de Ciência de maneira aplicada ao aprendizado do estudante. Corroborando com tais autores, este estudo foca o planejamento de ensino com vistas à alfabetização científica para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e ao meio ambiente, pois desenvolver um trabalho que permita a indissociabilidade entre a teoria e a prática educativa e que possibilite estimular os alunos a ter uma participação efetiva em sala de aula e a expandir sua criticidade é o que o docente, em seu papel de educador e mediador, almeja.

Nas escolas, o ensino do conteúdo de Termoquímica, por vezes, pode gerar compreensões distorcidas sobre as formas de energias envolvidas nas transformações físicas e químicas da matéria. Isso ocorre principalmente devido à natureza não observável da química, como por exemplo, os átomos e as diferentes formas de energias, e segundo Gómez Crespo (1996) correlacionar a estrutura não observável com propriedades observáveis da matéria configura uma das grandes dificuldades dos estudantes em compreender a química. Méndez

(2004) cita que essa dificuldade pode ser agravada quando o observável não se encontra na vivência do aluno.

Desta forma, estruturar uma sequência didática nos três momentos pedagógicos na perspectiva CTSA que relacione o conteúdo de termoquímica e poluição atmosférica no sentido de promover a alfabetização científica por meio de discussões sobre as principais consequências da poluição atmosférica e possíveis alternativas de mitigação aos impactos causados pelos gases poluentes, possibilita ao aluno visualizar o conteúdo de química como algo integrado ao seu cotidiano.

Assim, esse trabalho objetivou analisar as contribuições de uma sequência didática (SD) sobre termoquímica, estruturada nos três momentos pedagógicos (3MP), na perspectiva CTSA, para o processo de alfabetização científica de alunos do 2o ano do Ensino Médio, aplicada em um colégio público no município de Londrina, Paraná, Brasil.

Os três momentos pedagógicos

Delizoicov e Angotti (1982), fundamentados nos princípios de Paulo Freire, enquanto realizavam um projeto de formação de professores no Ensino de Ciências na Guiné Bissau, desenvolveram uma dinâmica didático-pedagógica aplicada para um contexto de educação formal que passou a ser conhecida como “Os Três Momentos Pedagógicos”.

Segundo Delizoicov e Angotti (1988) esta metodologia se divide em três etapas – problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

A problematização inicial é apontada como o momento em que são apresentadas questões ou situações para se discutir com os alunos. A problematização inicial deve relacionar o conteúdo específico com o cotidiano dos alunos, ou seja, situações reais vivenciadas por eles, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes.

Deve-se levar em consideração dois aspectos em relação à problematização – os conhecimentos prévios dos alunos e a necessidade da aquisição de novos conhecimentos para a compreensão do assunto. A problematização no primeiro momento pedagógico é chave fundamental para as próximas etapas que são: a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento.

A organização do conhecimento, momento em que os conhecimentos específicos necessários são sistematicamente estudados e articulados para a compreensão do tema central e da problematização inicial. O centro do conteúdo específico de cada tópico será preparado e desenvolvido, durante o número de aulas necessárias, em função dos objetivos de aula. Então serão ressaltados pontos importantes e sugeridas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem. Numa perspectiva metodológica, cabem as atividades mais diversas, entre as quais – leitura de textos, trabalhos extraclasse, experiências, entre outras.

Aplicação do conhecimento: no último momento pedagógico deve-se abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar a problematização inicial e também outras situações que não estejam diretamente relacionadas ao motivo inicial, mas que podem ser explicadas pelo mesmo conhecimento.

Essa metodologia é caracterizada por uma educação dialógica, na qual o professor deve mediar as relações entre o conteúdo curricular que o aluno estuda em sala de aula com a realidade de seu cotidiano, e, portanto, pode proporcionar ao aluno perceber que o conhecimento “[...] além de ser uma construção historicamente determinada, desde que apreendido é acessível a qualquer cidadão, que dele pode fazer uso” (Ibidem, p. 25), e dessa forma, ser transformado para o exercício da cidadania, por meio do aprimoramento do seu senso crítico, envolvendo-se com questões que necessitam ser solucionadas, para um bem maior, em comunidade.

Alfabetização científica e o ensino por CTSA

No artigo de Sasseron e Carvalho (2008), as autoras definiram o termo “alfabetização científica” baseado no conceito de alfabetização de Paulo Freire, salientando que o pedagogo considera que “a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e ler”, e por isso, partindo desta ótica, a AC deve proporcionar ao aprendiz a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, e colaborar na construção de uma consciência crítica em relação ao mundo que o cerca.

O uso do ensino CTSA na educação contribui para promover a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, isto é, auxilia para que o aluno possa, assim como ressaltado por Santos e Schnetzler (2010), construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis e conscientes sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões.

Sobre isso, Pinheiro et al (2007) afirmam a necessidade de uma imagem de ciência e tecnologia que manifeste a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, entendida como produtos resultantes de fatores culturais, políticos e econômicos. No mesmo sentido, Chassot (2011) considera que a alfabetização científica favorece a associação de conhecimentos que beneficia a leitura de mundo e possibilita algumas vivências dos participantes.

Indo ao encontro dessas prerrogativas, Bazzo (1998, p. 34) afirma que “o cidadão merece aprender a ler e a entender muito mais do que conceitos estanques – a ciência e a tecnologia, com suas implicações e consequências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e o dos seus filhos”.

Para Santos (2007, p. 5),

Compreender as diferentes funções da abordagem de aspectos sócio científicos permite uma compreensão de que formar cidadãos não se limita a nomear cientificamente fenômenos e materiais do cotidiano ou explicar princípios científicos e tecnológicos do funcionamento de artefatos do dia-a-dia.

Logo, alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia é hoje uma necessidade do mundo contemporâneo (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Chassot (2011) salienta como seria importante se os indivíduos alfabetizados cientificamente não detivessem somente a visão de mundo facilitada, mas que pudessem contribuir ativamente na transformação do mundo para melhor.

Sasseron e Carvalho (2008; 2010) identificaram três pontos considerados os mais importantes ao se pensar em alfabetização científica e denominaram de Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica. Para o ensino de ciências, esses são tidos como importante pois, segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 335; 2011, p. 75-76) “[...] são eles que nos servem de apoio na idealização, planejamento e análise de proposta de ensino que almejem AC”.

Assim, o primeiro eixo estruturante (grupo 1), possui como habilidade a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. O segundo eixo estruturante (grupo 2) tem como habilidade a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos. E por fim, a habilidade do terceiro eixo estruturante (grupo 3) se refere ao entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, e dentro de cada grupo as autoras propõem alguns indicadores da AC que foram resumidos e estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores da AC

Grupo 1	Seriação de Informações	Relaciona-se ao estabelecimento de bases para a ação investigativa. Não prevê uma ordem a ser estabelecida para as informações: pode ser um rol ou lista de dados trabalhados ou com os quais se pretende trabalhar.
	Organização de Informações	Ocorre quando se discute o modo como um trabalho foi realizado. Pode ser entendido quando se busca mostrar um arranjo de informações novas ou já elencadas anteriormente e pode ocorrer tanto no início da proposição de um tema quanto na retomada de uma problematização.
	Classificação de Informações	Ocorre quando se pretende proporcionar hierarquia às informações obtidas, constituindo-se em um momento de ordenação dos elementos com os quais se está trabalhando procurando uma relação entre eles.
Grupo 2	Raciocínio Lógico	Compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas. Está relacionada diretamente com a forma como o pensamento é exposto.
	Raciocínio Proporcional	Compreende a maneira como as variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.
Grupo 3	Levantamento de Hipóteses	Aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).
	Teste de Hipóteses	Refere-se as etapas em que se coloca à prova as suposições anteriormente levantadas. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores.
	Justificativa	Ocorre quando, em uma afirmação qualquer proferida, lança mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando-a mais segura.
	Previsão	É explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.
	Explicação	Surge quando se buscam relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação é seguida de uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não recebem essas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões.

Fonte: Adaptado de Sasseron e Carvalho (2008, 2010).

A AC no ensino de química é fundamental para o processo de ensino e aprendizagem, quando se espera que o estudante seja capaz de compreender, correlacionar e aplicar os fenômenos das relações que envolvem CTSA em seu cotidiano. No mais, o fato de a Química estar presente no dia a dia das pessoas e de se relacionar nas diversas esferas científicas é mais do que suficiente para justificar a necessidade do indivíduo ser informado sobre ela (MORETTI, 2019).

O conteúdo e as relações CTSA

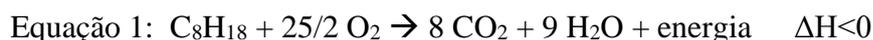
Nos séculos XVIII e XIX, estudos sobre a natureza do calor estavam presentes no dia a dia dos químicos e físicos. À época, Lavoisier sustentava a hipótese de que o calor se devia à transmissão de um fluido (calórico) dos corpos mais quentes para os mais frios. A importância de entender mais sobre o calor sucedeu devido ao desenvolvimento de máquinas à vapor e principalmente ao interesse de melhorar sua eficiência energética, o que resultou na criação de um campo de estudos dos fenômenos térmicos, a termodinâmica (OLIVEIRA; SANTOS, 1998).

A Termoquímica é a parte da termodinâmica que estuda as trocas de calor durante reações químicas (ATKINS, 2013), que ocorrem pela formação e ruptura de ligações químicas que envolvem a interação da energia com a matéria. A quantidade de energia calculada refere-se à variação de entalpia, representado pela letra “ ΔH ” em processos que podem ser endotérmicos, com absorção de calor ($\Delta H > 0$), ou exotérmico, com liberação de calor ($\Delta H < 0$) (LISBOA et al., 2016).

Para determinar se um processo é endotérmico ou exotérmico deve-se considerar a energia absorvida na ruptura das ligações dos reagentes e a energia liberada na formação das ligações dos produtos. O saldo energético entre eles indica se o processo é endotérmico ou exotérmico e é denominado de entalpia de reação (LISBOA et al., 2016).

Existem diferentes formas de se calcular as entalpias de acordo com as propriedades e o estado da matéria, como por exemplo, a entalpia de vaporização, entalpia padrão, entalpia de ligação, entalpia de reação, entalpia de combustão, entre outros. Para Lisboa et al. (2016) a entalpia de combustão é a energia associada ao processo de combustão, que quando considerada completa produz gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), entretanto se incompleta libera também porcentagens de monóxido de carbono (CO), que é extremamente tóxico.

O processo de combustão sempre será exotérmico, ou seja, $\Delta H < 0$, e um exemplo prático desse processo é a queima de combustíveis fósseis (octano) e de biocombustíveis (etanol) que estão representadas pelas Equação 1 e Equação 2, respectivamente.



A equação 1 balanceada mostra que em uma combustão completa para queima de 1 mol de octano foram necessários 25/2 mols de oxigênio (O_2) liberando-se 8 mols de gás carbônico (CO_2) e 9 mols de água (H_2O). Já na equação 2 para o etanol nas mesmas condições, a cada mol, foram necessários 3 mols de oxigênio (O_2) produzindo 2 mols de gás carbônico (CO_2) e 3 mols de água (H_2O).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível – ANP (2018) a gasolina é um combustível relativamente volátil e inflamável, de composição complexa de hidrocarbonetos que podem variar de 5 a 12 carbonos, sendo o octano o principal componente. Em sua composição são encontrados, em menores quantidades, substâncias que contêm átomos de enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais além de benzeno.

Já os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir em proporções os combustíveis fósseis em motores a combustão. Os dois principais biocombustíveis usados no Brasil são o etanol, obtido a partir de cana-de-açúcar, e, em escala crescente, o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais (ANP, 2018).

Hernández et al (2012), salientam que os benefícios ambientais do uso de biocombustíveis em grande escala, como o caso do etanol, encontram-se no potencial de reduzir significativamente as emissões líquidas de CO_2 , um gás de efeito estufa, que atualmente afeta o planeta através do fenômeno da mudança climática. Esta redução nas emissões de CO_2 não ocorre no próprio processo de combustão, mas, na produção global de sua emissão, já que as plantas, como por exemplo a cana-de-açúcar, absorvem o CO_2 atmosférico para seu crescimento e desenvolvimento, tornando-se então um processo renovável.

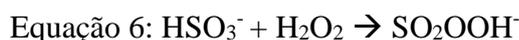
As atividades industriais, bem como a queima da gasolina libera para atmosfera diversos gases, que podem formar os óxidos ácidos. O aumento da acidez na água da chuva tem como principal responsável o dióxido de enxofre - SO_2 , que ao sofrer oxidação, devido ao contato com o oxigênio atmosférico forma o trióxido de enxofre - SO_3 , que, ao entrar em contato com

a água da chuva forma o ácido sulfúrico - H_2SO_4 , um ácido forte (SILVA et al., 2013). O mecanismo químico de conversão do SO_2 ocorre nas fases líquida e gasosa, por meio de processos complexos, para formação ácido sulfúrico - H_2SO_4 na atmosfera.

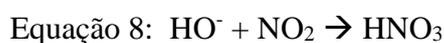
Devido à solubilização e presença de agentes catalisadores, as reações de SO_2 são mais eficientes em meio aquoso quando comparadas ao gasoso. Na fase aquosa o SO_2 origina três espécies de enxofre – S (HAMA, 2001 apud FORNARO, 1991), como apresentam a equação 1, a equação 2, e a equação 3.



Segundo HAMA (2001) apud SEINFELD (1986) a oxidação do S por peróxido de hidrogênio - H_2O_2 é o principal caminho para a formação de sulfato em soluções com pH menor que 5, demonstradas pela equação 6 e equação 7.



Outro contribuinte para a formação da chuva ácida são os NO_x . A formação do HNO_3 ocorre principalmente em meio gasoso. As reações do radical HO^\cdot com NO_2 , é a maior fonte na produção de ácido nítrico em fase gasosa (HAMA, 2001 apud FORNARO, 1991), apresentada pela equação 8.



Saldiva e Coelho (2013), salientaram que a United States Environmental Protection Agency (EPA – <http://www.epa.gov>) elegeu os poluentes que se encontram em maiores quantidades na atmosfera e que são considerados maléficos à saúde humana. Entre eles estão: o ozônio (O_3), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), material particulado inalável (diâmetro $< 10 \mu\text{m}$) e monóxido de carbono (CO).

No Quadro 1 são apresentados os principais poluentes atmosféricos, suas causas e efeitos na saúde humana e no meio ambiente.

Quadro 1 - Poluentes atmosféricos, suas causas e efeitos na saúde humana e no meio ambiente.

Poluentes atmosféricos	Causas	Efeitos na saúde humana	Efeitos no meio ambiente
Monóxido de Carbono (CO)	Combustão incompleta, reações fotoquímicas na atmosfera, oxidação biológica por organismos marinhos	Dor de cabeça, alerta mental reduzido, ataque cardíaco, doenças cardiovasculares, desenvolvimento fetal prejudicado, morte	Contribui para formação do smog fotoquímico
Dióxido de Enxofre (SO₂)	Queima de combustíveis fósseis, queima de florestas, indústrias, erupções vulcânicas	Irritação nos olhos, problemas respiratórios, doenças do coração	Formação da Chuva Ácida, Danos a planta e redução da visibilidade

Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	Combustão, queimadas de florestas, usinas termelétricas, indústrias	Irritação pulmonar, sintomas respiratórios, susceptibilidade a infecções respiratórias	Contribui para formação do smog fotoquímico, chuva ácida, redução da visibilidade e deterioração da qualidade da água
Ozônio (O₃)	Formado na atm. pela combinação de elementos com a radiação UV	Irritação nos olhos, problemas respiratórios, asma	Danos às plantas e ecossistemas, diminuição da produtividade de colheitas, efeito no aquecimento global
Material particulado (MP)	Combustão de produtos da gasolina que contém chumbo	Asma, efeito cardiovasculares, doenças alérgicas	Prejuízo de visibilidade, impactos nos ciclos de gases traço, formação de nuvens e nevoeiros, radiação de absorção e dispersão

Fonte: Adaptado de Ashfaq e Sharma (2012).

Os gases poluentes são classificados pela CETESB (2018) como primários, aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão, ou secundários, aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera.

Os gases poluentes atingem o organismo predominantemente por via respiratória, e, portanto, é de se esperar que seus principais efeitos se manifestem no trato respiratório. O ozônio, quando acima dos limites permitidos pode causar desconforto no peito, diminuir função pulmonar e causar inflamação das vias aéreas (isto é, irritação e lesão do tecido das vias aéreas). Os Materiais particulados (MP) também podem causar problemas respiratórios, e foi comprovado que podem aumentar o risco de problemas cardíacos em idosos. Além disso, as exposições tanto ao ozônio quanto aos MP podem aumentar o risco de morte prematura (BALMES, 2011).

Um dos compostos altamente tóxicos presentes na gasolina é o benzeno com concentração de até 1%, e por isso é uma importante fonte de exposição ocupacional e ambiental. É estimado que por meio das emissões dos veículos automotores, as concentrações desse poluente no ar podem alcançar 100 ppb nos centros urbanos com elevado tráfego. Devido às suas características físico-químicas, o benzeno é facilmente absorvido por via oral, dérmica e pulmonar que uma vez absorvido, é distribuído para diversos órgãos e sistemas do organismo. Os principais efeitos tóxicos do benzeno sobre a saúde humana ocorrem por sua ação mutagênica e carcinogênica (MENDES, 2017).

Sullivan Jr. e Kimmel (2016), apontam que além dos efeitos adversos às vias respiratórias, a exposição a longo prazo à poluição do ar pode causar câncer e danos ao sistema imunológico, neurológico, reprodutivo e em casos extremos, pode até causar a morte.

Além de afetar à saúde humana, os gases poluentes também causam efeitos adversos ao meio ambiente quando em elevadas concentrações. Entre os principais efeitos destacam-se: a chuva ácida, o aquecimento global, e o efeito estufa. Esse último apesar de ser considerado ação natural é observado seu agravamento nas últimas décadas, tornando o ambiente hostil.

A poluição atmosférica é a presença de um ou mais contaminantes lançados para o ar atmosférico, principalmente pela queima de combustíveis fósseis por meio da combustão. As consequências deste tipo de poluição afetam a sociedade como um todo, considerando o agravamento do efeito estufa, o aquecimento global e a chuva ácida e os efeitos na saúde a nível mundial.

O estudo da termoquímica com por uma SD com viés em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), pode contribuir para uma aprendizagem que tenha como objetivo a formação de cidadãos mais críticos pois, apresentar a origem, as consequências e as formas de mitigação da poluição atmosférica dentro da esfera do conteúdo disciplinar da

Química, é uma alternativa para conscientizar os alunos a partir da compreensão de um contexto real.

Metodologia

Este estudo foi desenvolvido em um Colégio Estadual localizado na região Sul do município de Londrina, Paraná, Brasil, durante os meses de setembro a novembro do ano de 2018, cujo público foi uma turma de 24 estudantes do 2º ano do Ensino Médio. Foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de Participação na Pesquisa entregue aos estudantes e à diretoria da escola.

A sequência didática com a temática “Qual a química que você respira?” foi organizada e delineada nos três momentos pedagógicos (3MP) de Delizoicov e Angotti (1988), utilizando-se da perspectiva educacional CTSA e foi aplicada em 4 encontros presenciais de 2 horas/aulas cada. Sua estrutura contempla três etapas: a problematização inicial - momento em que são apresentadas questões ou situações para se discutir com os alunos, a organização do conhecimento – momento de organizar os conhecimentos específicos necessários para a compreensão do tema central e, por fim, aplicação do conhecimento - momento de sistematizar o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno. As etapas de cada momento pedagógico, bem como as atividades desenvolvidas no decorrer da sequência didática são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Desenvolvimento da SD.

Aula 1	Primeiro Momento Pedagógico	Apresentação do tema; Aplicação de questionário inicial; Apresentação de slides; Debate com charges; Apresentação de vídeos.
Aula 2	Segundo Momento Pedagógico	Resgate do cotidiano dos alunos com questionamentos dirigidos; Leitura de notícias em jornal; Desenvolvimento dos conceitos científicos; Apresentação de vídeo; Início da aula experimental
Aula 3	Segundo Momento Pedagógico	Finalização do conteúdo científico; Resolução de exercício ao quadro; Aplicação de questões dissertativas; Finalização da aula experimental.
Aula 4	Terceiro Momento Pedagógico	Aplicação de questionário final; Proposta de elaboração de uma história.

Fonte: autoria própria.

Para este trabalho, optou-se por apresentar as análises referentes a aula 2 do segundo momento pedagógico. Como instrumentos de coleta, foi aplicado um questionário com as perguntas Q.1: “Qual a diferença entre o biocombustível e o combustível fóssil?” e Q.2: “Porque optamos, normalmente, pelo etanol se comparado à gasolina a quantidade calor emitido em ambos os casos são equivalentes?”. Tais questões foram propostas após a resolução de um exercício no quadro que envolvia o cálculo da entalpia de combustão do etanol e da gasolina, para que eles pudessem, diante dos cálculos, refletirem a respeito das emissões de CO₂ de cada combustível e relacionarem o porquê um é considerado renovável e outro não.

Os nomes verdadeiros dos estudantes foram omitidos e apresentados em códigos alfanuméricos (A1 a A24) em que A indicava aluno e os números de 1 a 24 correspondentes a cada um dos participantes da pesquisa. Foi mantida a integridade das respostas, como a originalidade da escrita, e erros de linguística não foram considerados relevantes no âmbito desta pesquisa.

A pesquisa em questão possui natureza qualitativa e utilizou-se dos indicadores de alfabetização científica elaborados por Sasseron e Carvalho (2008; 2010) para a análise interpretativa dos dados, o que forneceu sustentação teórica a este trabalho.

Resultados

O segundo momento pedagógico foi destinado a apresentar o conteúdo curricular de termoquímica. Durante as aulas buscou-se correlacionar o conteúdo com o cotidiano dos alunos. Assim, a aula foi iniciada trazendo o cotidiano do aluno como centro do processo de discussão e reflexão, com a seguinte pergunta: “Qual veículo vocês utilizam para chegar até a escola? Carro, ônibus, bicicleta, a pé, ou outros?”. Essa questão foi o que deu o início no processo de discussão em sala de aula pois, foi possível questionar os estudantes se haviam notado que os ônibus da cidade de Londrina estavam diferentes, com outras cores e usando outro combustível que não o fóssil.

É importante destacar que no ano de 2018, meses antes da aplicação da SD na escola, a empresa responsável pelo transporte coletivo no município de Londrina – Transporte Coletivo Grande Londrina (TCGL), recebeu uma frota de ônibus em que estava destacado, em sua aparência exterior, o uso de biodiesel como fonte de combustível automotivo. Esse acontecimento poderia ter passado despercebido por muitos alunos presentes na aula, entretanto foi o que os levou a despertar a curiosidade do “Por que?”. Foi levantado algumas questões econômicas e políticas e, no decorrer da discussão e reflexão, as questões ambientais e de saúde foram abordadas.

Parte do conteúdo de termoquímica foi apresentado aos alunos tendo como exemplo as reações químicas para os cálculos de entalpia de combustão do octano e do etanol, relacionado com a formação de gases poluentes, diante das consequências da poluição atmosférica sobre o meio ambiente e saúde. Também foi apresentado um vídeo sobre a produção dos biocombustíveis e alguns exercícios foram resolvidos.

Em relação às respostas da Q.1, dos alunos A2, A10, A14, A16 e A19 foi possível constatar a compreensão deles sobre os biocombustíveis serem fontes renováveis enquanto os combustíveis fósseis não. O aluno A10 explicou o motivo pelo qual os biocombustíveis são considerados renováveis pois, em sua resposta, descreveu que “a planta consome o gás CO_2 e transforma-o em gás oxigênio liberando para a atmosfera”. O mesmo foi observado pelo A16, pois destacou, ainda que sucintamente, o processo de fotossíntese pelas plantas, diferenciando dos combustíveis fósseis “o biocombustível vem das plantas então enquanto ela está crescendo ela faz a fotossíntese absorvendo o CO_2 que ajuda a ter um pouco menos poluição”.

A2: “O biocombustível se renova mais rapidamente e é retirado a partir de plantas tais como a cana-de-açúcar, milho e soja e polui em escala menor. O combustível fóssil demora muito para se renovar e polui em escala menor”.

A10: “Biocombustível é uma fonte muito mais renovável do que os combustíveis fósseis, pelo simples fato do CO_2 já ser consumido pelas plantas e transformado em O_2 que cria um ciclo de renovação praticamente infinito fazendo com que plantemos mais plantas e conseqüentemente deixa nossa atmosfera mais limpa e pura e o biocombustível pode vir de vários produtos vindo da terra. Já o combustível fóssil demora muito, muito, muito mesmo para se renovar e libera uma quantidade de CO_2 muito massiva, e, também é mais difícil de se conseguir e se forçar a coleta deste combustível prejudica e muito o meio ambiente”.

A14: “A principal diferença entre eles é que o biocombustível é renovável e pode ser retirado das plantas e não polui tanto o meio ambiente. Enquanto os fósseis demoram anos para ser fabricados”.

A16: “Que um é renovável e outro não e um polui mais que o outro por que o biocombustível vem das plantas então enquanto ela está crescendo ela faz a fotossíntese absorvendo o CO_2 que ajuda a ter um pouco menos poluição, já o

combustível 'normal' é tirado e não são renováveis (é renovável, mas demora muito tempo uns 1000 anos”.

A19: “A diferença é que os combustíveis fósseis demoram anos e anos para se renovar, enquanto o biocombustível se renova mais fácil e pode ser extraído de várias coisas como: plantas, cana-de-açúcar, entre outras”.

Observam-se evidências de AC na explicação de tais alunos ao apropriarem-se dos indicadores de “raciocínio lógico e de raciocínio proporcional”, pois compreenderam o modo como os conceitos foram desenvolvidos e apresentados a eles neste segundo momento e a maneira como as diferentes variáveis trabalhadas relacionaram-se entre si, esclarecendo a interdependência existente entre os elementos “biocombustíveis, poluição atmosférica e consumo de CO₂ pelas plantas, ou o biocombustível ser renovável por ser retirado de plantas enquanto o combustível fóssil não”. Ambos os indicadores se encontram no segundo eixo estruturante, o qual possui como habilidade a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos.

Sobre as respostas da Q.2, o aluno A7 destacou sobre a tecnologia nova de motores, o aluno A10 destacou novamente o consumo do CO₂ pelas plantas, que é transformado em gás oxigênio. Já o aluno A15 enfatizou a questão de os preços serem mais baixos para o etanol salientando questões econômicas. Por intermédio da resposta do aluno A16 pode-se inferir que ele se referia à liberação dos gases de NO_x e SO_x ao mencionar que o etanol emite “menos gases poluentes” que a gasolina e é “renovável”.

A7: “Pela tecnologia nova de motores que buscam equilibrar isso”.

A10: “Porque o etanol se renova muito mais rápido liberando o CO₂ que é consumido pelas plantas quase imediatamente sendo assim muito mais prático e limpo e com menor poluição”.

A15: “Porque possui menor custo e polui menos por ser uma fonte renovável, vem da cana-de-açúcar”.

A16: “Porque é mais barato que a gasolina e também emite menos gases poluentes que a gasolina além de ser renovável”.

Neste caso, pode-se considerar que foram encontrados indícios de AC, principalmente do indicador “previsão”, nas respostas absolutas de tais alunos pois, afirmaram uma ação que ocorre associada a uma sequência de situações. De acordo com Sasseron e Carvalho (2008, 2010), este indicador encontra-se no terceiro eixo estruturante, o qual se refere ao entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

As respostas demonstram, em partes, aspectos que foram discutidos durante as aulas. Tendo em vista que a sequência didática teve como tema “Qual a química que você respira?”, o conteúdo de termoquímica foi apresentado de forma contextualizada considerando o meio ambiente e a saúde humana e utilizou de diferentes recursos didáticos para esta finalidade.

Alguns trabalhos encontrados na literatura com temáticas próximas à proposta por este trabalho destacam sobre a relevância em utilizar a sequência didática com enfoque CTSA, como por exemplo, Rocha et al. (2016), trabalhou os conceitos da termoquímica na perspectiva CTSA, nos moldes de uma sequência didática, para alunos do segundo ano do ensino médio. Como resultados os autores perceberam que mesmo que os alunos já tendo tido contato anteriormente com a matéria, apresentaram alguma dificuldade em expressar os conceitos e associá-los, mas que a sequência didática utilizada como ferramenta contribuiu para o entendimento da termoquímica, tendo em vista os debates e a avaliação final.

Mendes et al. (2010), utilizando os conceitos de CTSA, abordou o tema “Poluição do ar e consequências da Chuva Ácida”, com aulas interativas e experimentais. Segundo o autor, as aulas foram consideradas mais dinâmicas e atrativas e estimularam os alunos na formação de um senso crítico, ainda que de início se mostraram desinteressados, fato este que foi revertido com as aulas experimentais. Além disto, os experimentos o auxiliaram no esclarecimento de problemas relacionados à poluição do ar e à formação da chuva ácida.

Barbosa et al. (2014), teve como objetivo de sua pesquisa construir e avaliar uma sequência didática com ênfase no enfoque CTSA para o conteúdo de gases com alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública do Município de Campina Grande-PB. Utilizando-se de uma metodologia caracterizada como investigação exploratória, os resultados obtidos pela autora revelaram que 83% dos alunos aprovaram a sequência didática proposta devido ao professor ter aproximado o conteúdo com o contexto social, além de ter contribuído para formação científica dos mesmos.

É necessário ressaltar que não se pode assumir que a partir da aplicação desta sequência didática na perspectiva CTSA os alunos foram ou estão alfabetizados cientificamente pois, esse é um processo que ocorre ao longo de toda sua vida estudantil. Entretanto pode-se perceber que foi a partir da fuga de um ensino tradicionalista e conteudista que os estudantes puderam estudar um “pedaço” da química como algo presente e aplicado no seu dia a dia, e perceber, ainda que brevemente, as relações das ciências com a sociedade.

Conclusões

Na análise das diferentes respostas das questões que os alunos desenvolveram no segundo momento pedagógico, foi possível perceber avanços na aprendizagem de conceitos científicos, quando os alunos relacionaram a menor poluição gerada pelo uso de biocombustíveis ao fato de serem renováveis, evidenciando-se os indícios da alfabetização científica.

Os indicadores da alfabetização científica demonstraram que as respostas dos alunos se encontram no grupo 2, habilidade da compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos, e grupo 3, habilidade do entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, segundo a fundamentação teórica das autoras Sasseron e Carvalho (2008, 2010). Provavelmente isso ocorreu pelo fato de a SD ter sido estruturada nos pressupostos de CTSA e ter utilizado diferentes recursos didáticos. As relações descritas por eles mostraram a reflexão dos impactos sociais no âmbito da saúde, da economia e do meio ambiente, deixando explícitas algumas das conexões existentes entre a sociedade, a ciência e a tecnologia, ainda que não de forma aprofundada.

Por fim, procurou-se neste trabalho incentivar outros docentes a implementarem metodologias alternativas às ditas “tradicionais”, com foco em um ensino que preze pela alfabetização científica, colaborando para um aprendizado científico aplicado no dia a dia dos estudantes.

Referências

ATKINS, P. P. J. **Físico-Química**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

ASHFAQ, A.; SHARMA, P. “Environmental effects of air pollution and application of engineered methods to combat the problem”. **Journal of Industrial Pollution Control**, 2012. Disponível em: <<http://www.icontrolpollution.com/articles/environmental-effects-of-air-pollution-and-application-of-engineered-methods-to-combat-the-problem-.php?aid=45739>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

COMBUSTÍVEIS. **Agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. “Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê?” **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 3. n. 1, p. 1-13, 2001.

BALMES, J. R. “Air Pollution and Health. Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society”. **ATS Patient Health Series**, 2011. Disponível em: <<https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/air-pollution.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BARBOSA, M. B. M.; SILVA, T. P.; CASTRO, S. L. “Relação CTSA em aulas de química: avaliação de uma proposta de ensino para o conteúdo de gases”. In: I Congresso Nacional de Educação. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UEPB, PB, 2014.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1998.

CARVALHO, C. S. et al. “O Brilho das radiografias sob a perspectiva CTS no ensino de Química”. **Indagatio Didactica**. v. 8, n. 1, p. 1267-1678, 2016.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Ed. Unijuí. 2011.

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné Bissau**. 1982. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. São Paulo: Ministério da Educação, 1988.

FORNARO, A. **Chuva Ácida em São Paulo: Caracterização Química de Amostras Integradas e Sequenciais de Deposição Úmida**. 1991. Folhas?? Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo - Instituto de Química, 1991.

GÓMEZ CRESPO, M. A. “Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. Alambique”. **Didáctica de las Ciencias Experimentales**. p. 37-44, 1996.

GUIMARÃES, C. C. “Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa”. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

HAMA, P. **Estudo da influência da chuva ácida na concentração de alumínio em solos próximos a uma termoeletrica de carvão**. 2001. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciências) v- Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Patricia%20Hama_M.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

HERNÁNDEZ, P. C.; DOMÍNGUEZ, A. M.; MATA P. C. “Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos reformulados con Etanol”. **Ingeniería**,

investigación y tecnología, v. 13, n. 3, 2012. Disponível em:
<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000300004>.
Acesso em: 27 nov. 2018.

LISBOA, J. C. F. et al. **Ser protagonista: Química 2**. 3^{ed.} São Paulo, 2016.

MENDES, S. B. et al. “Conceitos e Contribuição da Poluição no Aumento das Chuvas Ácidas do ponto de vista do ensino CTSA”. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**, Brasília, 2010.

MENDES, M. et al. “Normas ocupacionais do benzeno: uma abordagem sobre o risco e exposição nos postos de revenda de combustíveis”. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, suppl. 1, e3s, p. 1-19, jun. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6369000127515>.

MÉNDEZ, M. M. A. La “Ciencia de lo cotidiano. Revista Eureka sobre Enseñanza” **Divulgación de las Ciencias**, v. 1, n. 2, p. 109-121, 2004.

MORETTI, A. A. S. **Termoquímica e a poluição atmosférica: um estudo na perspectiva CTSA**. Trabalho de Conclusão de Curso, Londrina, 2019. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J. M. “A energia e a química”. **Revista Química Nova na Escola**, n. 8, p.19-21, 1998.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. “Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio”. **Revista Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, 2007.

ROCHA, P. L. et al. “A termoquímica e o cotidiano: uma sequência didática sob perspectiva CTSA”. In: V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta grossa. **Anais...** Ponta grossa: UTFPR, PR, 2016.

SALDIVA, P. H. N.; COELHO, M. S. Z. S. “Poluição atmosférica e saúde humana”. In: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Elsevier: Rio de Janeiro, 2013.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 4^a ed. Ijuí: Injuí, 2010.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. “Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências”. **Ciência e Educação**, v. 87, n. 2, p. 95-111, 2001.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. “Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo”. **Revista Investigações em Ensino de Ciência**, v. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. “Escrita e desenho: Análise de registros elaborados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de Ciências”. **Revista Brasileira de**

Pesquisa em Educação em Ciências, v. 10, n. 2, mai./ago. 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3977>>. Acesso em: 14 set. 2011.

SEINFELD, J. H. **Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution**. John Willey: New York, 1986.

SILVA, T. E. P. et al. “Enxofre: um poluente em potencial na composição do óleo diesel brasileiro”. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador. **Anais...** Salvador: UNIJORGE, BA, 2013.

SULLIVAN JR, R. K.; KIMMELL, K. L. **Health & Environmental Effects of Air Pollution**. Department of Environmental Protect. Commonwealth of Massachusetts. 2016. Disponível em: <<https://www.mass.gov/files/documents/2016/08/vl/health-and-env-effects-air-pollutions.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.