

EDUCAÇÃO CTSA E OS COMBUSTÍVEIS: UM ESTUDO SOBRE O ETANOL COM ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

CTSA EDUCATION AND FUELS: A STUDY ON ETHANOL WITH BASIC EDUCATION STUDENTS

Daniel Camargo Silva¹

Níliá Oliveira Santos Lacerda²

Resumo: Esta pesquisa objetivou analisar a compreensão e a discussão dos estudantes da Educação Básica quando são retratados os benefícios e malefícios causados pelo etanol na sociedade, pelos pressupostos teóricos Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e dos três níveis de conhecimento químico, por meio dos três momentos pedagógicos. A metodologia utilizada foi quantitativa e qualitativa de natureza interpretativa. O trabalho realizado abrangeu 22 estudantes da 2ª série do Ensino Médio de um colégio público do Estado de Goiás -Brasil. Foram utilizados, para a construção dos dados, questionários on-line e impresso. Os principais resultados evidenciam que as problematizações iniciais despertaram curiosidades e motivação nos estudantes e auxilia o envolvimento de conceitos químicos nas contextualizações das aulas. Tais resultados apontam para um ensino de Química com práticas pedagógicas que questionam a realidade, o que possibilita o desenvolvimento da autonomia e posicionamento crítico, do processo da tomada de decisão e da alfabetização científica e tecnológica dos estudantes.

Palavras-chave: Educação CTSA; Etanol; Combustíveis.

Abstract: This research aimed to analyze the comprehension and discussion among Elementary Education students when portrayed the advantages and disadvantages of ethanol in society, based on the theoretical assumptions from Science-Technology-Society-Environment (CTSA) and the three levels of chemical knowledge through three pedagogical moments. Both quantitative and interpretative qualitative methodologies were used. The research was performed among 22 students from the second grade of high school in a public educational institution of the State of Goiás (Brazil). In order to collect the data, both on-line and printed questionnaires were used. The main results point that the first questionings aroused curiosity and motivation in the students and aids the involvement of chemical concepts in classes contextualization. Such results point at a Chemistry guideline with pedagogical practices that question reality, which, therefore, enables the development of autonomy and critical positioning, the process of decision making, and scientific and technological literacy of the students.

Keywords: CTSA Education; Ethanol; Fuel.

1 Introdução

¹ Graduado em Química (licenciatura) pela Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo. Atualmente é professor do Ensino Fundamental (Área de Ciências da Natureza) e do Ensino Médio (Área de Química) na rede pública de ensino do estado de Goiás, Brasil. E-mail: daniel.camargo@hotmail.com.

² Doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de Brasília (UnB). Docente do Ensino Superior da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Goiás, Brasil. E-mail: niliaprof@gmail.com.

De acordo com Linsingen (2007), os estudos envolvendo Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) tomaram seguimento por volta dos anos 60 e o início dos anos 70 na Europa e América do Norte. Esses estudos envolvendo CTS buscavam responder se o desenvolvimento científico e tecnológico possuía relação, ou não, direta com o “bem-estar social”, o que foi acreditado desde o século XIX e restaurado, então, pós Segunda Guerra Mundial.

Em um ambiente de tensão gerado por guerras, tanto do Vietnã quanto Guerra Fria, a difusão que a mídia trouxe das catástrofes ambientais constituídas pelo armamento bioquímico e movimentos ambientalistas foi estabelecendo condições da nova visão entre as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (LINSINGEN, 2007; AULER E BAZZO, 2001).

Para Santos e Schnetzler (2014), a origem do movimento CTS teve decorrências a partir dos impactos causados pela Ciência e Tecnologia na Sociedade, o que explica a aparição desse movimento em vários países num mesmo período. Já no campo da educação, o ensino de ciências, por meio CTSA, foi dado pelas mudanças das percepções do homem sobre o papel da ciência na sociedade.

Devido aos problemas ambientais, professores das áreas de ciências começaram a refletir sobre um ensino que levasse em consideração os aspectos sociais para, então, ter esse elo com o desenvolvimento científico e tecnológico. Dessa maneira, iniciou-se o surgimento das propostas curriculares da educação, com destaque nas relações Ciência-Tecnologia-Sociedade, levantando os objetivos do ensino de ciências na formação cidadã (SANTOS, 2007). Nesse contexto, Auler (2007) destaca alguns objetivos característicos dos aspectos educacionais CTSA para formação cidadã:

Promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com os aspectos tecnológicos e sociais, discutir implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência-tecnologia (CT), adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual. (AULER, 2007, p.1)

Ainda nesse contexto, Santos e Mortimer (2002) destacam que o objetivo da educação CTSA no Ensino Médio está direcionado ao desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica desse educando, de forma que ele possa estar se apropriando de conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomadas de decisões com responsabilidade no que diz respeito a questões que envolvem ciência e tecnologia na sociedade para atuar nas soluções de tais questões.

Conforme traz Teixeira (2003, p. 182), “o Movimento CTS procura colocar o ensino de ciências numa perspectiva diferenciada, abandonando posturas arcaicas que afastam o ensino dos problemas sociais e adotando uma abordagem que se identifica muito com a ideia de educação científica”. Portanto, ressaltamos a educação freiriana, a qual tem por pressupostos orientar para a participação em causas decisórias, sensibilizar as pessoas sobre as condições em que vivem, por meio da dialogicidade, para que elas se conscientizem acerca dessas condições.

Esse modelo freiriano rompe barreiras como a “educação bancária” e desperta nos estudantes o senso crítico, junto à curiosidade e a não concordância de saberes propriamente transferidos e inacabados, trazendo o estudante para o papel de protagonista de seu conhecimento (FREIRE, 2016). Na “educação bancária”, Freire (2016) questiona sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula que, na maioria das vezes, são equidistantes da realidade dos estudantes. Por consequência, a educação proposta por Freire e o enfoque CTSA desvinculam o método tradicional do currículo do ensino de ciências por meio do reconhecimento de temas que contemplem o cotidiano do estudante.

Existem três possibilidades de se trabalhar as relações CTSA, que são elas: O enxerto CTS, Ciência e Tecnologia vistas por meio de CTS e Programas CTS puros. No primeiro, são trabalhados temas CTS, todavia o conteúdo científico ainda possui maior foco, e é trabalhado de maneira a tornar os temas, puramente científicos, mais agradáveis. Já no segundo, o foco está voltado para as relações C-T-S de maneira que os conteúdos ensinados são consequências dos temas sociais pré-estabelecidos (essa forma de trabalho que faz elo com a pedagogia freiriana). E, por último, temos o nível programas CTS puros, no qual os conceitos científicos são explorados de maneira superficial devido ao eixo estar voltado para a exploração da história e sociologia da ciência e relacionar a Ciência e a Tecnologia (NASCIMENTO e VON LINSINGEN, 2006).

Por meio das afirmações levantadas até aqui, destacamos que:

Tanto o enfoque CTS quanto o método de investigação temática proposto por Freire rompem com o tradicionalismo curricular do ensino de ciências uma vez que a seleção de conteúdos se dá a partir da identificação de temas que contemplem situações cotidianas dos educandos. (NASCIMENTO e VON LINSINGEN, 2006, p. 108)

A Educação CTSA, por meio de temáticas, viabiliza a inserção dos problemas vivenciados na sociedade para discussão em sala de aula, o que possibilita no estudante o desenvolvimento da sua criticidade e a tomada de decisão acerca do assunto (SANTOS e MORTIMER, 2002).

A seleção de conteúdo a partir da identificação dos temas que atenda a realidade/situação do cotidiano dos estudantes se dá pelo processo de contextualização do ensino. É na lógica de um ensino contextualizado que existe melhor combinação entre conhecimento e cotidiano, todavia a contextualização não é simplesmente a exemplificação, mas a utilização do conhecimento científico na visão da sociedade, promovendo a excitação do “senso crítico” do estudante e prática cidadã:

[...] contextualizar a Química não é promover uma ligação artificial entre o conhecimento e o cotidiano do aluno. Na verdade, deve-se utilizar o conteúdo de Química na perspectiva social em prol da formação do cidadão e o exercício de seu senso crítico. (SILVA e COSTA, 2019, p.333)

E quando nos referimos ao ensino de Ciências, é preciso levar em consideração os conteúdos científicos “com valor cultural”, ou seja, tratar o assunto num contexto para que tenha significado aos estudantes (SANTOS, 2007). Sendo assim, utilizaremos a Educação CTSA como nossos pressupostos teórico-metodológicos e também Freire (2006), com base na dialogicidade e na problemática de sua obra “Pedagogia do oprimido”, em que destacamos a metodologia dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2003): a) *problematização inicial*, b) *organização do conhecimento* e c) *aplicação do conhecimento*. Utilizaremos também os três níveis de conhecimento químico: *Macroscópico*, *Submicroscópico* e *Representacional* de Jhonstone (1982) como pressuposto teórico-metodológico porque entendemos que esse pressuposto enriquece nosso trabalho e nossas análises nas práticas e projetos temáticos da Educação CTSA juntamente com o pensamento Freireano.

O autor Jhonstone em seu artigo “*Macro and micro-chemistry*” foi um dos primeiros a abordar e estruturar os aspectos da química. Dessa forma, propôs, em 1982, que essa ciência possuísse três níveis de conhecimento, que são eles: *Macroscópico*, *Submicroscópico* e *Representacional* (JOHNSTONE, 1982).

O primeiro nível (macroscópico) traz sua abordagem da parte visível da Química, a qual pode ser facilmente descrita e medida por meio das propriedades da matéria (massa, volume, densidade, volatilidade, coloração, odor etc.). O segundo nível (submicroscópico) de conhecimento diz respeito às explicações fenomenológicas com base no observável do primeiro nível. É nesse grau que são utilizados os conceitos científicos como ligações interatômicas, interações intermoleculares, polaridade molecular, formações de íons etc. no intuito de abordar, de forma mental, as descrições desses fenômenos. Já no último nível tem-se a maneira que essa ciência é representada. Nesse nível são abordadas as fórmulas mínimas e moleculares das substâncias, aspectos das

transformações por meio de equações químicas etc. (MELO, 2015; PAULETTI, ROSA e CATELLI, 2014; JHONSTONE, 2000).

Dessa forma, a estruturação dos três níveis de conhecimento químico pode ser esquematizada conforme a imagem 1 a seguir:

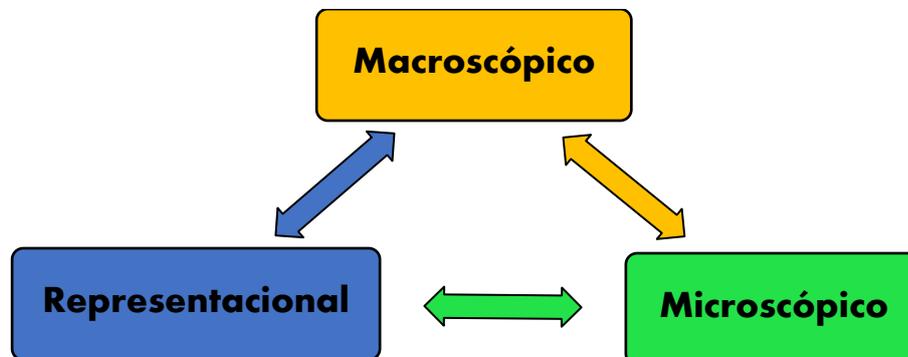


Imagem 1: Esquema adaptado dos três níveis de conhecimento químico conforme Jhonstone (1982).

Nossa pesquisa foi realizada durante o estágio supervisionado, na segunda série do Ensino Médio, em que trabalhamos com a temática etanol devido a uma série de fatores relevantes à sociedade: ele é utilizado como combustível, é um tipo alternativo para substituição dos combustíveis oriundos do petróleo (combustíveis fósseis), sua produção causa impactos socioambientais ocorridos na exploração de sua matéria prima (cana-de-açúcar) e na combustão desse.

Dessa maneira, pretendemos analisar como foi a compreensão e a discussão dos estudantes da Educação Básica quando são retratados os benefícios e malefícios causados pelo etanol na sociedade, a partir dos pressupostos teóricos CTSA e por meio dos três níveis de conhecimento químico, fazendo o uso dos três momentos pedagógicos.

2 Percorso metodológico

Esse projeto foi desenvolvido no terceiro estágio supervisionado do curso de Licenciatura em Química de uma Universidade pública localizada em Goiás, em uma turma de segunda série, turno matutino, com total de 22 estudantes ativos no desenvolvimento, em um colégio da Rede Estadual do município do mesmo estado.

O desenvolvimento do projeto ocorreu em oito encontros e todo trabalho foi organizado conforme a metodologia dos três momentos pedagógicos: *Problematização*

inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do Conhecimento (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2002).

Na *problematização inicial*, utilizamos questionamentos iniciais para reflexão e discussão dos estudantes sobre os assuntos relacionados ao tema escolhido: biocombustíveis, combustíveis fósseis e seus impactos ao ambiente; indústria sucroalcooleira e sustentabilidade. Nessa etapa levantamos questões/situações da realidade de que os estudantes têm ideias iniciais e que estão sendo abordadas na temática trabalhada.

Esse momento pedagógico tem por objetivo desafiar os discentes a expor suas reflexões sobre as situações para que o professor possa conhecer a estrutura do pensamento de seus estudantes. Em sua obra, *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática docente*, Paulo Freire (2006) aborda que o ato de ensinar exige criticidade e supera a curiosidade ingênua, a qual é entrelaçada pelo senso comum, para uma curiosidade epistemológica orientada por princípios de pesquisa científica. O rompimento do senso comum é facilitado a partir do momento em que discentes são desafiados a refletir sobre as situações reais que os rodeiam a todo momento, fazendo com que o estudante se questione do porquê a todo instante. (ABREU, FERREIRA, e FREITAS, 2017).

Na *organização do conhecimento*, ocorreu o processo de aprofundamento teórico dos assuntos discutidos inicialmente com questões indagadoras e explicações científicas nas aulas sobre: fermentação do caldo de cana com levedura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*); destilação de etanol gerado pela fermentação do caldo de cana; determinação do teor de etanol na gasolina comercial; os tipos de combustão, ou seja, foram selecionados os conhecimentos necessários para se compreender a problemática, pautada no momento anterior (problematização inicial).

Nessa etapa são apontados conhecimentos científicos necessários para o progresso intelectual do estudante, sob orientação do professor que tem papel animador, não desenvolvendo respostas prontas ou inacabadas, mas levando o estudante a ordenar seus pensamentos explorados. Tal momento pedagógico pode ser desempenhado e otimizado com o auxílio de exercícios propostos em livros didáticos e exploração mais aprofundada do assunto tratada pela experimentação (ABREU, FERREIRA e FREITAS, 2017).

Assim, é nessa etapa que deve ocorrer a ruptura dos conhecimentos fundamentados no senso comum, superando as visões ingênuas de mundo manifestadas pelos alunos, construindo olhares mais críticos para enxergar e

interpretar a Ciência, envolvidos no fenômeno estudado (ABREU, FERREIRA e FREITAS, 2017, p. 5)

Os dois momentos iniciais, problematização e organização do conhecimento, são cruciais para o momento seguinte: *Aplicação do conhecimento*, que para os autores:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 31)

Por conseguinte,

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceitualização científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 202).

A *aplicação do conhecimento*, a terceira e última etapa é, então, reconhecida por ser o instante da apropriação dos conhecimentos adquiridos pelo educando, em que ele faz a concretização e/ou reforço, para o uso dos conceitos científicos que vêm sendo incorporados aos seus saberes e os aplique em situações que estão sendo analisadas/vivenciadas, não apenas em sala de aula, mas na rotina da sua vida. Nessa última etapa tivemos a apresentação dos estudantes na qual eles se dividiram em equipes e, assim, cada uma se responsabilizou por cuidar, reproduzir e apresentar os experimentos (destilação, combustão e teor de etanol na gasolina), conforme descrito no quadro 1.

Essa etapa não pode nem deve ser caracterizada como única para avaliação, pois entendemos que a avaliação, na perspectiva dialógica e problematizadora, não perpassa à memorização de conceitos, mas vai além dos objetivos centrados nos conteúdos. Na perspectiva dos autores dos três momentos pedagógicos, ou seja, de uma abordagem temática, os conceitos deixam de ter um fim em si, e passa a se constituírem em meios, ferramentas para compreensão de algo mais amplo, isto é, dos temas socialmente relevantes.

Segundo Muenchen (2010), a aplicação do conhecimento precisa permear a interpretação de fenômenos naturais e a reflexão crítica frente à realidade contemporânea. Esse momento não pode ser confundido com a avaliação que temos por meio de provas e testes, pois num projeto pautado na Educação CTSA por meio dos três momentos, a avaliação precisa ser entendida como um processo, e não pode ficar restrita ao terceiro

momento pedagógico e vice-versa. A avaliação processual, não classificatória, precisa ser pensada e abordada em todos os momentos.

Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), a avaliação de acordo com essa abordagem por temas deve estar baseada na capacidade de o aluno usar o conceito para compreender tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto as situações novas que possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Convém destacar que se torna imprescindível, em uma perspectiva permeada pelo diálogo, analisar se o aluno adquiriu a capacidade de argumentar e de participar de forma crítica das decisões que envolvem os temas/problemas contemporâneos.

Conforme abordado anteriormente, a construção geral do projeto envolveu processo contínuo de reflexões e ações baseadas nos três momentos pedagógicos. O Projeto intitulado: Educação CTSA e Combustíveis iniciou-se com a fase de *Problematização inicial*, seguida da *Organização do Conhecimento*, da parte inicial e finalizou na *Aplicação do Conhecimento*, com a realização de atividades concretas que objetivassem demonstrar a apropriação de conhecimentos científicos por parte dos estudantes. Sendo assim, Muenchen (2010, p.129) afirma que além da utilização para guiar a estruturação do currículo, “os três momentos pedagógicos representam também um ponto de referência metodológico para os educadores na implementação do currículo interdisciplinar, ou seja, no trabalho de sala de aula”.

Dessa forma, consideramos que o Ensino de Química, por meio dos três momentos pedagógicos e a partir da Educação CTSA, possibilita diferentes olhares no processo ensino-aprendizagem sem esgotar os conteúdos, todavia com intuito de valorizar o processo de evolução da criticidade dos estudantes a respeito dos assuntos abordados. Sendo assim, entendemos que a organização curricular e a prática de sala de aula possuem uma relação dinâmica, pois além de orientar uma melhor estruturação do currículo, “os três momentos pedagógicos representam também um ponto de referência metodológico para os educadores na implementação do currículo interdisciplinar, ou seja, no trabalho de sala de aula.” (MUENCHEN, 2010, p.129).

A metodologia de trabalho que utilizamos em nossa pesquisa, dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), coaduna com a proposta de Santos e Mortimer (2002) que defendem a relação da Educação CTS com um tema originado nas questões sociais, que busca a compreensão das relações CTSA e o tema escolhido, para compreender os conceitos científicos necessários e a importância dessas relações e impactos para a sociedade. Sendo assim, seguimos com a descrição detalhada

abaixo do desenvolvimento do projeto durante os oito encontros, e temos a descrição sistematizada no quadro 1.

Momento pedagógico	Atividade e descrição
Problematização inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Biocombustíveis x combustíveis fósseis: Impactos socioambientais – Qual a diferença entre biocombustíveis e combustíveis fósseis? Em termos ambientais, quais dos dois combustíveis é o melhor? Por quê? • Indústria da Cana e os pilares da sustentabilidade – O que vem a ser sustentabilidade? A produção do etanol, a partir da cana-de-açúcar é um processo sustentável? A indústria sucroalcooleira pode ser considerada sustentável? Por quê?
Organização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentação do caldo de cana – Utilizando o fermento biológico comercial (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) o caldo de cana foi deixado para fermentação por uma semana. • Destilação do etanol produzido na fermentação – O mosto formado, produto da fermentação da aula anterior, foi utilizado para separação do etanol (produto de interesse) da mistura de constituintes. • Determinação de teor de etanol na gasolina – Foram analisadas suas amostras de gasolina de dois postos distintos. Fazendo o uso dos materiais (proveta, béquer e água com eletrólito) foi feita determinação do volume de etanol presente nas duas amostras. • Os tipos de combustão – Inicialmente foi utilizado recurso digital para apresentação problematizadora da aula sobre combustão e foi feito, em seguida, o experimento investigativo dos dois tipos de combustão (completa e incompleta).
Aplicação do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação – Ocorreram as apresentações, por grupos de estudantes, de forma que esses expusessem e dialogassem a respeito dos experimentos de combustão, da determinação do teor de etanol na gasolina e da destilação do etanol.

Quadro 1 - Descrição das atividades desenvolvidas no colégio de acordo com a metodologia dos três momentos pedagógicos.

Fonte: Autores (2022).

O tema combustíveis, que desenvolvemos nessa pesquisa, é previsto na Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), na forma de competência, no eixo temático Matéria e Energia e os impactos socioambientais no âmbito local, regional e global.

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (BRASIL, 2018, p. 553).

A partir das orientações da BNCC temos também o Documento Curricular do Estado de Goiás para o Ensino Médio (DC-GOEM) que aborda a respeito dessa temática

na estrutura das trilhas de aprofundamento do Ensino Médio (Energia que nos move) e faz provocações como:

Uma das formas de medir o desenvolvimento de uma civilização é por meio da quantidade de energia gerada e utilizada por ela. No entanto, nos próximos anos, a humanidade deve enfrentar um grande desafio relacionado a isso. [...] Além disso, temos a questão da disponibilidade de energia. Nunca na história, consumimos tanta energia [...]. Fontes não renováveis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, fornecem 87% da energia produzida pela humanidade (GOIÁS, 2021)

E este mesmo documento curricular (DC-GOEM) (GOIÁS, 2021), que orientado pela BNCC (BRASIL, 2018), aborda e questiona sobre os avanços nos estudos científicos da área energética e ainda aponta para a falta de políticas públicas, brasileiras, que garantam uma participação maior no potencial de exploração das matrizes energéticas de fontes renováveis para o nosso país.

Segundo Strieder, et al. (2016, p.101), as propostas curriculares não podem ser definidas como apontamentos únicos para as mudanças no campo do currículo, precisamos também ampliar a discussão sobre os objetivos desses documentos curriculares oficiais, que necessitam de uma análise sobre currículo e sobre seu planejamento construído ao longo dos tempos. Essas discussões precisam acontecer dentro das escolas, com base teórica nos estudos sobre “currículo, planejamento, políticas públicas e as práticas docentes, e, ao nosso ver, tendem a contribuir com a dinâmica de implantação das novas propostas, em uma perspectiva crítica e inovadora”.

O documento curricular (DC-GOEM) aborda uma sensibilização a respeito da temática quando ele estrutura as trilhas de aprofundamento do Ensino Médio (energia que nos move) e faz provocações como:

Uma das formas de medir o desenvolvimento de uma civilização é por meio da quantidade de energia gerada e utilizada por ela. No entanto, nos próximos anos, a humanidade deve enfrentar um grande desafio relacionado a isso. [...] Além disso, temos a questão da disponibilidade de energia. Nunca na história, consumimos tanta energia [...]. Fontes não renováveis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, fornecem 87% da energia produzida pela humanidade (GOIÁS, 2021)

Este mesmo documento curricular (DC-GOEM), orientado pela BNCC, aborda e questiona sobre os avanços nos estudos científicos da área energética e ainda aponta para a falta de políticas públicas, brasileiras, que garantam uma participação maior no potencial de exploração das matrizes energéticas de fontes renováveis para o nosso país (GOIÁS, 2021).

No percurso metodológico da pesquisa utilizamos como instrumentos de construção de dados: gravações de áudios, fotografias, e registros feitos no caderno de bordo. Como parte da construção de dados, foi feito um questionário on-line com cinco questões (1 a 5), conforme o quadro 2, e duas perguntas no questionário impresso

(pergunta 6 e 7). Esses dois questionários abordaram os assuntos trabalhados durante o desenvolvimento do projeto para que pudéssemos fazer a investigação do trabalho desenvolvido. A análise produzida foi feita por meio dos pressupostos metodológicos da Educação CTSA.

1 – Comente sobre o projeto realizado. Quais eram suas concepções sobre combustíveis antes de se trabalhar o projeto? E agora, quais seus entendimentos sobre o assunto?
2 – O que são combustíveis fósseis e biocombustíveis? De que forma você avalia a produção ou extração desses? Por quê?
3 – Comente sobre quais as relações você consegue perceber entre combustíveis, química, tecnologia, sociedade e ambiente.
4 – De acordo com os vídeos e discussões em sala de aula, quais tipos de conhecimentos sociais e ambientais você adquiriu?
5 – Comente sobre a participação do professor (estagiário) no colégio ao longo do desenvolvimento do projeto. Comente também sobre (você) seu envolvimento nas aulas e qual a aula de que você mais gostou (por que escolheu essa aula?).
6 – De acordo com a aula sobre combustão (etanol e gasolina), comente sobre: <ul style="list-style-type: none"> a) O que você pode perceber de diferente entre as duas? b) Por que houve diferença entre uma combustão e outra? c) Equacione a reação envolvida na combustão do etanol e da gasolina (Etanol: C_2H_5OH; Gasolina: C_8H_{18})
7 – De acordo com a aula de determinação do teor de etanol na gasolina, comente sobre: <ul style="list-style-type: none"> a) Visualmente, o que ocorre ao adicionar um certo volume de água na gasolina? b) Por que e como ocorre esse aspecto visual? c) Represente em forma de desenho como é esse processo.

Quadro 2: Perguntas elaboradas para os questionários (on-line e impresso).

Fonte: Autores (2022).

3 Resultados e discussão

Com o transcorrer das aulas tivemos a percepção de que os estudantes possuíam ideia de combustíveis, todavia essas eram superficiais e de senso comum. Entretanto, essas últimas não foram tratadas como dificuldade na compreensão da temática combustível. Utilizaremos a codificação **E** para designar estudante e os números subscritos para diferenciá-los.

Na *problematização inicial*, foi identificado o conhecimento prévio que os discentes possuíam sobre o eixo temático que seria abordado, ou seja, as relações científicas, tecnológicas e sociais da temática combustível. Usamos, então, perguntas que motivaram as discussões críticas como: pergunta 1 - “Qual a diferença entre biocombustíveis e combustíveis fósseis? E₁: “Combustível fóssil é de petróleo, restos mortais, mas eu acho, não sei!”, pergunta 2 – “Em termos ambientais, quais dos dois combustíveis é o que causa maior impacto? Por quê?” e o E₂ expressou: “O diesel porque a queima dele é muito prejudicial”, foi perceptível que tinham dúvidas em expressar o

que era combustível fóssil, mas não souberam falar dos biocombustíveis e muito menos citar exemplos.

Também era perceptível a dificuldade de expressar suas opiniões a respeito da indústria sucroalcooleira, sustentabilidade dela, as relações com o ambiente e impactos socioambientais desses processos. Usamos, então, perguntas que motivaram as discussões críticas como: pergunta 3 - “O que vem a ser sustentabilidade?”; pergunta 4 - “A produção do etanol, a partir da cana-de-açúcar, é um processo sustentável?” e pergunta 5 - “A indústria sucroalcooleira pode ser considerada sustentável? Por quê?”. Estas perguntas tiveram por objetivo gerar discussões em sala de aula a respeito da temática no intuito de estimular o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo.

No transcorrer da *Organização do Conhecimento*, foram utilizadas experimentações. A primeira experimentação foi sobre a fermentação do caldo de cana, e, sendo assim, tivemos as perguntas engajadoras para a inserção do assunto, as quais foram: *Qual a matéria prima do etanol? E da gasolina?* e *Como se forma o etanol a partir dessa matéria prima?*; e as respostas foram: “Cana-de-açúcar e petróleo”, todavia não souberam responder como era feito o etanol por meio da matéria prima. No passar da aula, foi feito o preparo da fermentação do caldo de cana com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (presente no fermento biológico comercial) de acordo com a imagem 2; Após o preparo do caldo, foi discutido sobre a transformação química dos açúcares presente e, então, o caldo foi deixado em repouso por uma semana, conforme expresso na imagem 3.



Imagem 2: Caldo de cana com levedura antes do processo fermentativo
Fonte: Autores (2022).



Imagem 3: Caldo de cana após a fermentação
Fonte: Autores (2022).

No segundo experimento trabalhamos a destilação do etanol, o qual foi produzido na aula de fermentação. Utilizamos as perguntas *Água e álcool se misturam? Há divisão de fases nesta mistura?* e *Como separar uma mistura homogênea, como por exemplo, água e álcool?* para

resultar discussões até que levasse ao ponto de como seria possível separar o etanol presente no mosto. Em seguida foi feita a prática, utilizando o sistema de destilação como mostra a imagem 4.

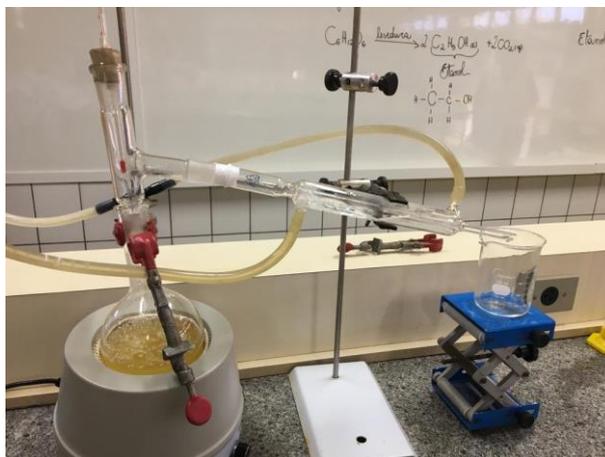


Imagem 4: Sistema de destilação
Fonte: Autores (2022).

Na terceira experimentação foi trabalhada a determinação do teor de etanol presente na gasolina comercial. Essa aula se deu por meio da contextualização e problematização do assunto referente à adulteração da gasolina nos postos de combustíveis e assim as perguntas foram: “*Em algumas ocasiões os carros movidos a gasolina dão problemas no funcionamento do motor. Por que isso ocorre?*” e “*A gasolina pode ser adulterada? Como é esse tipo de alteração que há?*”. Foram utilizadas duas amostras distintas de gasolina e, segundo os resultados das análises, imagem 5, os postos de combustíveis encontravam-se dentro das normas da Agência Nacional do Petróleo (ANP), conforme os cálculos dos estudantes, apresentando teor de 26%.



Imagem 5: Determinação do teor de etanol presente na gasolina comercial
Fonte: Autores (2022).

Já no quarto experimento foram trabalhados os tipos de combustão dos distintos combustíveis, etanol e gasolina, sendo que nessa aula foram utilizados slides sobre o assunto de combustão e por meio da experimentação investigativa foi feita a queima desses combustíveis em uma superfície de coloração branca, a fim de se investigar a diferença entre as duas, conforme mostra a imagem 6. A mudança de coloração da superfície era nítida e então os estudantes começaram a perguntar o porquê um ficou “preto” e o outro não. Os resultados obtidos, conforme a imagem 7, são o final da queima do etanol e da gasolina, respectivamente.



Imagem 6. Processo de combustão do etanol e da gasolina (respectivamente).

Fonte: Autores (2022).



Imagem 7. Final da combustão do etanol e da gasolina (respectivamente).

Fonte: Autores (2022).

Com o decorrer da *Aplicação do Conhecimento* os estudantes foram divididos em grupos, instigados a repetir os experimentos das aulas anteriores e explicar os procedimentos e os conceitos científicos envolvidos em cada um dos casos. Na determinação do teor de etanol da gasolina, as operações matemáticas foram feitas no quadro para que pudessem explicar o resultado se a gasolina estava ou não adulterada, como mostra a imagem 8.

Handwritten calculations on a whiteboard:

- Volume de Etanol = ?
- Volume total = 250 ml
- Volume de t₁₀₀ = 153 ml
- $V_{et} = V_f - V_i$
- $V_{et} = 250 - 153$
- $V_{et} = 97 \text{ ml}$
- $\frac{97}{250} \cdot 100\%$
- Q: 22,4% de Alcool na Gasolina

Imagem 8: Cálculo para verificação da adulteração da gasolina.

Fonte: Autores (2022).

Chegou-se ao resultado de que o teor de etanol era menor de acordo com as exigências da ANP.

Com base no questionário respondido pelos estudantes, temos os seguintes comentários em relação ao projeto (preconcepções e pós concepções sobre o assunto envolvendo combustíveis), temos a fala do E₃: *“Que antes não tinha importância saber os malefícios que os combustíveis causam ao ambiente. Depois de estudarmos como são fabricados e como a queima deles liberam substâncias prejudiciais, o melhor a ser feito, por todos nós, seria diminuir o uso de automóveis e evitar queimas.”* e o E₄: *“Antes do projeto eu acreditava que a gasolina não poluía a atmosfera, mas depois eu descobri que o etanol é melhor que a gasolina porque não polui muito. Eu não sabia distinguir a importância do uso dos biocombustíveis, mas percebi que em questão de preservação ambiental, são a melhor opção.”*

Vemos de modo claro as aproximações de ideias do E₃ e E₄, pois um descreve que não tinha significância o conhecimento sobre o assunto dos malefícios ao ambiente e o outro fala sobre acreditar que a gasolina não polui a atmosfera, tendo sido feitos esses comentários antes da participação no projeto. Todas as observações foram voltadas para os impactos ambientais causados, desde a produção até o consumo desses combustíveis, todavia houve uma distinção entre as ideias dos estudantes, pois a fala do E₃ “diminuir o uso de automóveis e evitar queimas” demonstra que houve um desenvolvimento do pensamento crítico, conforme o objetivo da Educação CTSA alertados por Auler (2007). Já para o E₄ não há tamanha criticidade, pois ele cita que “etanol é melhor que a gasolina”, tendo em vista uma concepção ingênua, pois os dois combustíveis possuem seus impactos ambientais quando explorados e, também, quando queimados. É necessário trabalhar nas aulas de ciências da natureza (química, física e biologia) formas de sensibilizar os estudantes de maneira minuciosa sobre a reflexão das inter-relações. Conforme aborda Auler (2007, p. 10), “a superação de uma percepção ingênua e mágica da realidade exige, cada vez mais, uma compreensão dos sutis e delicados processos de interação entre CTS.”

Na questão 2 é perceptível a crítica dos discentes em relação à exploração/produção da gasolina e etanol, conforme as falas dos estudantes E₅, E₆ e E₇.

E₅: *“Os combustíveis fósseis são aqueles tirados do solo, no caso é o petróleo, que por meio dessa retirada pode ocorrer vazamentos que polui os mares e mata a vida marinha. Já os biocombustíveis são aqueles retirados de plantas, que ocorre o desmatamento de áreas e em consequência disso e a destruição da camada de ozônio. Os dois causam grandes impactos na extração e na produção.”*

E₆: *“Os combustíveis fósseis são os que utilizam o petróleo para sua produção, e os biocombustíveis são produzidos a partir de matérias orgânica, como por exemplo a*

cana de açúcar... Já as extrações todas são prejudiciais ou ao solo ou para o esgotamento do petróleo.”.

E7: *Combustíveis fósseis são combustíveis extraídos de fósseis (resto de corpos já fossilizados) como exemplo a GASOLINA, extraída do petróleo. Biocombustíveis é um tipo de combustível extraído da natureza como exemplo o ETANOL extraído da cana-de-açúcar. A extração e ambos têm um grande impacto na natureza.*

O julgamento deles, em relação aos combustíveis fósseis, levou em consideração que na exploração pode haver vazamentos e com isso a contaminação de mares e oceanos, perda de vidas marítimas, geração de gases de efeito estufa como o metano a partir do refino do petróleo e levar a escassez do petróleo (MARTINS et al, 2015). Na produção de biocombustíveis, como é o caso do etanol extraído da cana-de-açúcar, é necessária uma grande área desmatada para que haja a plantação, gerando como consequência a destruição da camada de ozônio e, também, a contaminação de solos por meio de agrotóxicos usados para evitar pragas nas lavouras (OLIVEIRA, 2019 e FILOSO et al., 2015).

Em análise da questão 3, a qual pede a relação existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com a temática trabalhada, não houve concepções que abordassem toda a relação, conforme podemos ver nas falas a seguir:

E8: *“Para extrair o etanol é preciso de um processo químico, que precisa da melhora da tecnologia que precisa das pessoas para criarem máquinas e não poluir muito o ambiente”, E9:* *“De um ponto de vista andam em união, um ajuda o outro, mas um "machuca" o outro. Por exemplo: A natureza fornece matéria prima para tecnologia e a química que favorece a sociedade, mas os combustíveis acabam estragando a natureza”.* Essas são concepções clássicas das relações C-T-S, salientadas por Bazzo, Linsingen e Pereira (2003), de modo que no desenvolvimento de uma parte, há também o desenvolvimento da seguinte, gerando sempre o bem-estar a sociedade.

“As concepções clássicas das relações entre ciência e tecnologia é uma concepção essencialista e triunfalista, que pode resumir-se em uma simples equação, o chamado “modelo linear de desenvolvimento”: + ciências= + tecnologia = + riqueza= + bem-estar social. (BAZZO, LINSINGEN e PEREIRA, p.120, 2003)”. Todavia, tal concepção é de forma desacertada porque a relação não ocorre de maneira linear, nem sempre gerará um bem-estar à sociedade. Temos o exemplo da Segunda Guerra Mundial, quando houve um desenvolvimento tecnológico e científico muito rápido, todavia gerando consequências, como foi o lançamento da bomba atômica nas cidades de Hiroshima e Nagasaki. Logo,

o pensamento não pode ser em um processo linear, mas deve-se utilizar outras óticas para análise. A fala do E9 ainda ficou vaga quando afirma “acabam estragando a natureza”, porque não houve explicação mais específica acerca do que seria o estragar e como seria esse estrago.

A utilização de aulas experimentais somente para comprovação de teorias, já vistas em sala, resulta na falta de clareza sobre a função daquele experimento ou daquela experimentação, gerando nos estudantes dúvidas sobre a função daquele conhecimento de leis/teorias para sua vida e sobre “ter aulas experimentais não assegura, por si só, a aprendizagem, tampouco a relação entre teoria e prática” (SCHNETZLER e SOUZA, p. 951, 2019).

Segundo Lewin e Lomascólo (1998):

[...] preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como ‘projetos de investigação’, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como a curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas informações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (LEWIN E LOMASCÓLO, 1998, p. 148)

Todavia, o uso de experimentação, sobretudo a investigativa, permite romper com tais práticas pedagógicas para, então, gerar um desconforto mental no estudante, sobre aquele determinado assunto e qual sua importância, sendo então consideradas aulas “diferentes” (PRSYBYCIEM, SILVEIRA e SAUER, 2018) conforme a fala do E7:

“Eu gostei bastante desse projeto realizado porque tive a chance de aprender mais sobre combustão e destilação, coisas que eu não havia entendido em anos anteriores dentro da sala de aula, daí a prática acabou ajudando bastante a entender. A aula que eu mais gostei foi a que o professor entrou com mais perguntas: do que é a combustão, sobre a queima da gasolina (gera carbono sólido que é a fuligem) em sua queima porque foi a aula que eu mais entendi o Como, o porquê e como tudo aquilo aconteceu”.

O E7 inicia seu relato dizendo que gostou “bastante” porque houve uma maior aprendizagem sobre o assunto de combustão e destilação, o qual não havia entendido em anos anteriores e ele coloca “daí a prática acabou ajudando bastante a entender”. Ele ainda relata que a aula de que mais gostou foi “a que o professor entrou com mais perguntas: “do que é a combustão, sobre a queima da gasolina” sendo essas as perguntas problematizadoras.

Esse processo de problematização é caracterizado por levar a inquietação para o estudante, a partir de discussões, que o faz perceber a necessidade de novos saberes para explicação do problema levantado, sendo alçando como objetivo e conforme o E5 “...a aula que eu mais gostei foi a da nossa explicação sobre o experimento da separação do

etanol, presente na gasolina, com a água” e completando essa ideia o E₈ diz: “*Gostei da aula em que fizemos o experimento da gasolina e água destilada, onde vi que a gasolina e a água não se misturam*”. Essas falas reproduzem o momento de verbalização dos estudantes sobre os fenômenos dos experimentos. Eles utilizam o nível macroscópico de Johnstone (1982) quando dizem: “... a queima da gasolina que solta uma cor preta (gera carbono sólido que é a fuligem...)”, “...*separação do etanol, presente na gasolina, com a água*” e “...*onde vi que a gasolina e a água não se misturam*.”, mesmo que de maneiras simplórias. Alguns estudantes, ainda, além de descrever o nível macroscópico, utilizam o submicroscópico explicando o fenômeno: “*A aula que eu mais gostei foi a da combustão que utilizava o pires, pois quando colocávamos fogo/calor na gasolina ela gerava fuligem no pires, pois faltava oxigênio.*” (E₉). Todavia, na fala do E₈ tem-se problema conceitual em se tratando de misturas heterogêneas como é o caso da água e gasolina.

Dessa maneira, a experimentação investigativa dialoga com os pressupostos CTSA, podendo contribuir para a formação cidadã (PRSYBYCIEM, SILVEIRA e SAUER, 2018; GONÇALVES e GOI, 2020), possibilitando uma articulação entre a problematização (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2003) e três níveis de conhecimento (JOHNSTONE, 1982), sendo o nível macroscópico um nível descritivo e o mais simples de se usar.

A partir da análise das perguntas 6 e 7, as quais tinham por intuito o uso dos níveis de conhecimento químico, percebemos uma maior dificuldade dos estudantes no nível representacional na realização dos experimentos descritos no quadro 1: a) No experimento “Os tipos de combustão” essa dificuldade foi percebida no processo da escrita da equação da combustão do etanol e da gasolina. b) No experimento “Determinação de teor de etanol na gasolina” essa dificuldade foi percebida ao representar as interações intermoleculares por meio da simbologia química. Essa dificuldade encontrada no nível representacional é questionada por Melo (2015) quando ela destaca que os próprios professores sentem dificuldade em ensinar os estudantes a transitarem por cada nível. Tivemos um total de 22 estudantes, que resultou nos gráficos 1 e 2.

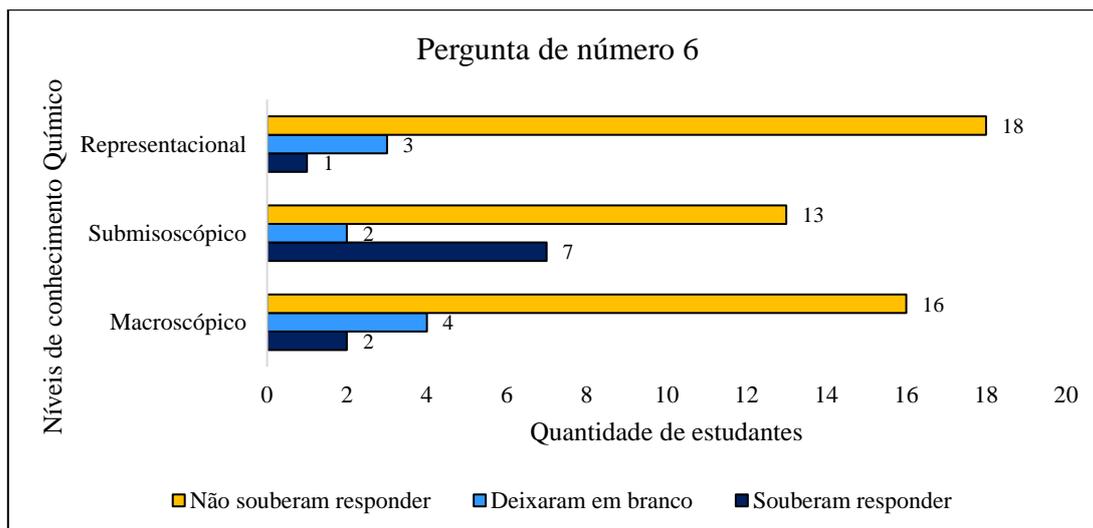


Gráfico 1: Resultados da pergunta de número 6.
Fonte: Autores (2022).

Já na pergunta 7 (De acordo com a aula de determinação do teor de etanol na gasolina, comente sobre: A) Visualmente, o que ocorre ao adicionar um certo volume de água na gasolina? B) Por que e como ocorre esse aspecto visual? e C) Represente em forma de desenho como é esse processo.) os 22 estudantes representaram o procedimento de extrair o etanol presente na gasolina, mas o esperado era que representassem as interações moleculares que ocorrem no processo. Todavia, a pergunta 7 teve um resultado mais satisfatório no quesito de quantidade de alunos que souberam responder corretamente conforme expresso no gráfico 2.

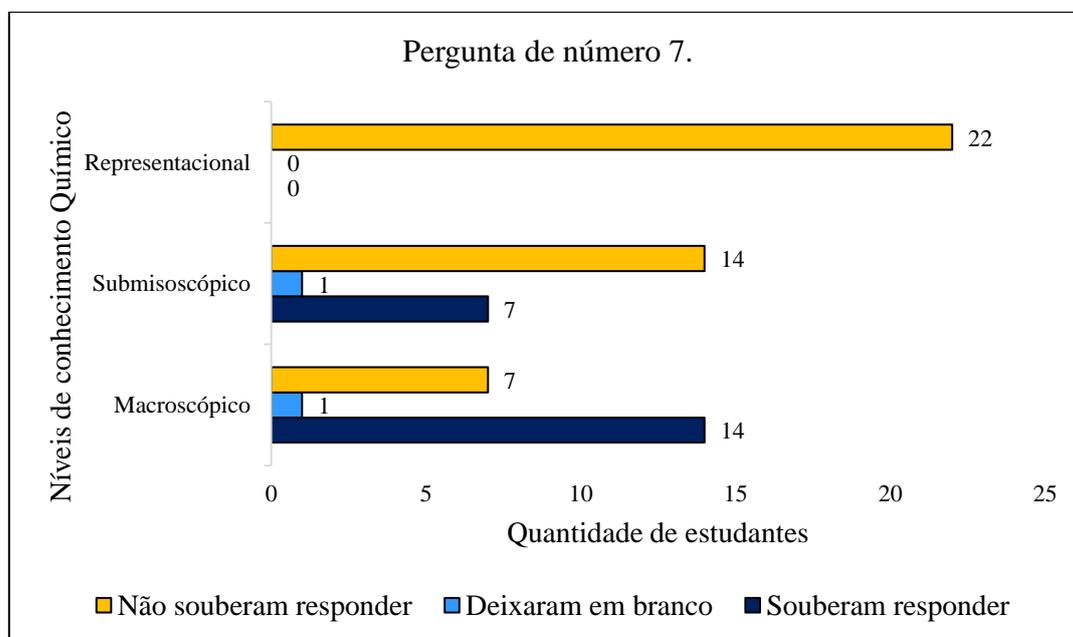


Gráfico 2: Resultados da pergunta de número 7.
Fonte: Autores (2022).

Observamos que há grande dificuldade dos estudantes em migrar do aspecto macroscópico (formação de fases na proveta e acúmulo de fuligem no pires) para o representacional (forças intermoleculares e equações químicas). Melo e Silva (2019, p. 303) salientam sobre isso quando retratam que “muitos estudantes sentem dificuldade em transitar entre um modelo de natureza atômico-molecular e as equações químicas relacionadas a esses modelos”. Esses autores abordam duas hipóteses para essa situação: a primeira retrata a maneira como os conceitos são abordados e apresentados aos estudantes sem relações lógicas, já a segunda hipótese retrata como é feito o uso de modelos, quais são seus intuítos e, também, suas limitações (MELO e SILVA, 2019).

Tais resultados da pesquisa são abordadas por Johnstone (2004) quando ele retrata que há uma sobrecarga na memória de trabalho (do inglês - Working Memory Space) dos estudantes porque professores transitam rapidamente pelos três níveis e isso os leva a uma dificuldade na compreensão dos conceitos químicos abordados em aula. Como alternativa para evitar tal sobrecarga dos alunos, uma forma de abordar é iniciar em um dos três vértices do triângulo e caminhar pelas arestas desse triângulo no intuito de que o aluno passe a transitar livremente por eles (Johnstone, 2006).

5 Considerações finais

Por conseguinte, a temática etanol desenvolvida objetivou trabalhar a criticidade dos estudantes em relação aos impactos ambientais causados pelos combustíveis, não apenas de origem vegetal (biocombustíveis), mas também os de origem petrolífera (combustíveis fósseis). Conforme nosso questionamento da compreensão dos estudantes em se tratando dos benefícios e malefícios do etanol à sociedade, a partir dos pressupostos teóricos CTSA, podemos considerar que todo o desenvolvimento das aulas contextualizadas fez com que estudantes se tornassem mais participativos nos momentos de discussão, deixando de serem passivos e tornando-se sujeitos mais críticos do contexto em que vivem. Dessa perspectiva, promove-se maior interesse dos estudantes na correlação da ciência e da tecnologia, desenvolve-se a formação cidadã científica e tecnológica de pessoas com capacidade de tomadas de decisão.

Todavia, alguns apontamentos são necessários, como o caso do ensino de misturas homogêneas e heterogêneas, quando muitos educadores do Ensino Básico afirmam em suas falas que nas misturas heterogêneas os componentes não se misturam, equivocando-se e trocando a palavra “solúvel” por “mistura”. No que tange aos três níveis

conhecimento químico, os estudantes ainda possuem grandes dificuldades no nível representacional dos fenômenos químicos de combustão como solicitados, por meio de equações/ilustrações. Nessas circunstâncias, é de suma importância que professores de química de nível básico desenvolvam mais metodologias que trabalhem o triângulo do conhecimento químico por etapas, sem privilegiar nenhum dos vértices, para que os estudantes consigam se apropriar dos conceitos químicos de maneira satisfatória e posteriormente se sintam confortáveis em transitar, melhor, por todos os níveis de conhecimento.

Referências

ABREU, J. B.; FERREIRA, D. T.; FREITAS, N. M. da S. Os Três Momentos Pedagógicos como possibilidade para inovação didática. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11., 2017, Florianópolis. **Décimo primeiro Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis: ABRAPEC, 2017. p. 1-9. 9. Ensino e aprendizagem de conceitos e processos científicos. Disponível em: <https://abrapec.com/>. Acesso em 25 abril. 2022.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência e Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, nov, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/34380774/ENFOQUE_CI%C3%80NCIA_TECNOLOGIA_SOCIEDADE_PRESSUPOSTOS_PARA_O_CONTEXTO_BRASILEIRO. Acesso em: 03 março. 2022.

AULER, D.; BAZZO, W. A.; Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, São Paulo, v.7, n.1, p.1-13. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wJMcpHfLgzh53wZrByRpmkd/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em <http://basenacional.mec.gov.br/>. Acesso em: 09 maio 2023.

BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri, Espanha: OEI (Organização dos Estados Ibero-americanos). 2003. Disponível em: www.oei.es/historico/salactsi/Livro_CTS_OEI.pdf. Acesso em: 16 abr. 2021.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. Coleção Docência em Formação. São Paulo: Editora Cortês, 2002.

FILOSO, S.; CARMO, J. B.; MARDEGAN, S. F.; LINS, S. R. M.; GOMES, T. F.; MARTINELLI, L. A. Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 1847-1856, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115008576>. Acesso em: 15 março. 2022.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 60ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.

FREIRE, P. R. N. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 33. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

GOIÁS. Secretaria de Estado da Educação. Documento Curricular para Goiás/ DCGO: Goiânia, 2021. Disponível em: <https://www.cee.go.gov.br/files/DOCUMENTO-CURRICULAR-PARA-GOIAS-ETAPA-ENSINO-MEDIO.pdf>. Acesso em: 27 de março de 2021.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Experimentação no Ensino de Química na Educação Básica: Uma Revisão de Literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 136–152, 2021. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2627>. Acesso em: 12 maio. 2022.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of Chemistry - Logical or Psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

JOHNSTONE, A. H. The Future Chape of Chemistry Education. **Chemistry Education: research and practice**, [s. l.], v. 5, n. 3, 2004.

JOHNSTONE, Alex H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry education research and practice**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 49- 63, 2006.

LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, nov, 2007. Disponível em: <https://repi.ufsc.br/Perspectiva-educacional-CTS%3A-aspectos-de-um-campo-em-consolida%C3%A7%C3%A3o-na-Am%C3%A9rica-Latina?language=pt-br>. Acesso em 03 fevereiro. 2022.

LEWIN, A. M. F.; LOMASCÓLO, T. M. M. La metodología científica em la construcción de conocimientos. **Enseñanza de las Ciencias**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 147-510, 1998. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/>. Acessado em: 11 maio. 2023.

MARTINS, S. S. da S.; AZEVEDO, M. O. de; SILVA, M. P. da; SILVA, V. P. da. Produção de Petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **HOLOS**, [s. l.], v. 6, p. 54–76, 2015. DOI: 10.15628/holos.2015.2201. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2201>. Acesso em: 12 maio. 2022.

MELO, M. S. DE. **A transição entre os níveis - macroscópico, submicroscópico e representacional**: uma proposta metodológica. 2015. 134 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/19177>. Acessado em: 10 abril. 2022.

MELO, M. S. de; SILVA, R. R. da. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 301-330, 2019. DOI: 10.24065/2237-9460.2019v9n5ID1109. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/1109>. Acesso em: 13 maio. 2023.

NASCIMENTO, G. T.; LINSINGEN, V. I. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. **Convergência revista de ciências sociais**, México, v. 3, n. 42, p. 95-116, set – dez. 2006. Disponível em:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352006000300006. Acesso em: 14 março. 2022.

OLIVEIRA, G. F. DE.; **A Tutela Ambiental Da Indústria Sucroalcooleira Sob Um Ponto De Vista Antropocêntrico E Jurídico**. 2019. 57 f. Monografia – Faculdade de direito. Universidade Evangélica de Goiás, Ceres, 2019. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/5956>. Acesso em: 12 abril. 2022.

MUENCHEN, C. **A disseminação dos três momentos pedagógicos: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS**. 2010. 273 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93822>. Acesso em: 22 abril. 2022.

PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino e C&T**, [s. l.], v. 7, n.3, p.121-134, 2014. DOI: 10.3895/S1982-873X2014000300008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1366/1860>. Acesso em: 10 abr. 2022.

PRSYBYCIEM, M. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; S, E. Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s. l.], v. 17, n.3, p. 602-625. 2018. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_3_5_ex1433.pdf. Acesso em: 18 maio 2022.

SANTOS, W. L. P. D.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2. n. 2, p. 110-132. jul-dez. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/QtH9SrxpZwXMwbpfp5jqRL/?lang=pt>. Acesso em: 25 maio 2022.

SANTOS, W. L. P. D.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química**: compromisso com a cidadania. 4ª ed. Unijuí, 2014.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/C58ZMt5JwnNGr5dMkrDDPTN/?format=pdf>. Acesso em: 30 maio 2022.

SCHNETZLER, R. P.; SOUZA, T. A. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. **Química Nova**, [s. l.], v. 42, n. 8, p. 947-954. 2019. Disponível em: https://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6957. Acesso em: 29 abril. 2022.

SILVA, A. L. P.; COSTA, H. R. Contextualização e Experimentação na seção “Experimentação no Ensino de Química” da Revista Química nova na escola: Uma análise de 2009-2016. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 12, n. 2, p. 331-352. mai./ago, 2019. DOI: 10.3895/rbect.v12n2.8326. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/8326/pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.

STRIEDER, R. B.; SILVA, K. M. A. e.; SOBRINHO, M. F.; SANTOS, W. L. P. dos.; A educação CTS possui respaldo em documentos oficiais brasileiros? **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 87–107, 2016. DOI: 10.3895/actio.v1n1.4795. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/4795>. Acesso em: 10 maio 2022.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/TKjrc7wZ7bCSnC8HHbMt46s/?lang=pt>. Acesso em: 14 maio. 2022.

Recebido em: 05 de dezembro de 2022

Aceito em: 08 de julho de 2023