

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

AMANDA ELOISA RIBEIRO GOMES

**A CANA- DE -AÇÚCAR COMO UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA
NO ENSINO DE CIÊNCIAS PARA A JUSTIÇA SOCIAL**

ARARAS - SP
2024

AMANDA ELOISA RIBEIRO GOMES

**A CANA-DE-AÇÚCAR COMO UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA NO ENSINO
DE CIÊNCIAS PARA A JUSTIÇA SOCIAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof^ª Dra. Nataly Carvalho Lopes

ARARAS - SP

2024

Gomes, Amanda Eloisa Ribeiro

A cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica no ensino de ciências para a justiça social / Amanda Eloisa Ribeiro Gomes -- 2024.
106f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Nataly Carvalho Lopes
Banca Examinadora: Cinthia Leticia de Carvalho
Genovese, Nilva Lúcia Lombardi Sales
Bibliografia

1. Ensino de ciências . 2. Questões sociocientíficas . 3. Educação CTSA. I. Gomes, Amanda Eloisa Ribeiro. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Amanda Eloisa Ribeiro Gomes, realizada em 03/04/2024.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Nataly Carvalho Lopes (UFSCar)

Profa. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales (UFSCar)

Profa. Dra. Cinthia Leticia de Carvalho Roversi Genovese (UFG)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os professores e professoras engajados com a educação para justiça social, que buscam constantemente, assim como eu, maneiras de melhorar sua prática pensando na formação integral de nossos estudantes.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem a valiosa colaboração e apoio de diversas pessoas. Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu marido Mateus, parceiro acadêmico e de vida, por todas as vezes que segurou minha mão nesta caminhada e me ajudou a continuar, mesmo quando as dificuldades apareceram. Obrigada pela paciência, lealdade, apoio incondicional, por acreditar em mim e em meu trabalho e por segurar as pontas para que eu realizasse meus sonhos acadêmicos. Você é, sem dúvidas, minha melhor escolha para a vida!

Agradeço aos meus avós, Vera e Augusto, pois sem eles para me ajudar na caminhada da vida, eu não estaria aqui hoje finalizando mais esta etapa. Obrigada por estarem ao meu lado em todos os momentos mais difíceis e mais felizes que já vivi. Mesmo sem a oportunidade de terem estudado, vocês sempre entenderam o que isso significa para mim e me auxiliaram na busca pelos meus sonhos.

Agradeço de forma especial à minha orientadora Nataly, por caminhar comigo por todos esses anos, desde a graduação até agora, não me deixando desistir e sempre ensinando com um amor por essa profissão que me inspira. Mesmo quando a ansiedade e o desespero me atormentavam, seu carinho e seus cafezinhos me acalmavam e me levavam de volta para o caminho. Você e o Mateus mostraram acreditar no meu potencial quando eu mesma duvidava dele. Você é meu exemplo para o futuro e espero, um dia, ser uma professora e orientadora como você. Nossa jornada juntas não acaba aqui, pois sei que ainda posso aprender muito com você durante meu doutorado, se você ainda tiver forças para lidar com meu nervosismo; mas até aqui, meu muito obrigada!

Agradeço a toda a minha família e amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha jornada acadêmica. Principalmente pela paciência quando eu me ausentei de algumas situações, afinal a vida acadêmica cobra um preço que algumas pessoas não entendem, mas que vale muito a pena.

Agradeço também a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática da UFSCar, muitos dos quais eu já conhecia da graduação, por todos os ensinamentos durante essa jornada, além das risadas e momentos que pudemos compartilhar. À Mônica, assistente administrativa, obrigada pela paciência e ajuda com detalhes que só você poderia entender. Também à Pró-Reitoria de Extensão da UFSCar pelo auxílio financeiro, que me permitiu uma dedicação integral ao mestrado e a essa pesquisa.

Aos colegas e professores do Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Matemática no Contexto CTS, obrigada pelas tardes de estudos, trocas de experiências e aprendizados que, com certeza, estão refletidos neste trabalho.

Aos participantes desta pesquisa, os quais não posso citar nomes, mas que além de tudo, são meus colegas de profissão. Obrigada pelos aprendizados compartilhados.

Agradeço também às professoras Cinthia e Nilva pelos elogios e belíssimas contribuições com essa pesquisa em meu exame de qualificação, pelo carinho que demonstraram pelo meu trabalho. E obrigada desde já pelas contribuições na versão final.

A todos vocês, meu muito obrigada!

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda” (Freire, 2000, p. 67).

RESUMO

Com o crescente avanço da tecnologia, o acesso às notícias e informações tem sido cada vez mais facilitado. Todavia, essa facilidade de acesso à rede, tem causado muitas dúvidas quanto às fontes das informações, uma vez que os conteúdos de desinformação têm se propagado com igual facilidade e rapidez. Para a formação de sujeitos capazes de agir nessas situações, acreditamos que a educação deve ser libertadora e dialógica, a fim de superar a acomodação a partir de uma atitude crítica (Freire, 2023). Uma das maneiras para a realização dessa educação libertadora, é a partir das questões sociocientíficas (QSC), isto é, situações controversas que promovam o ensino voltado às discussões de cunho ético, social e político, buscando a conscientização dos educandos, a partir de temáticas próximas às suas realidades de vida. Além disso, reconhecemos a necessidade de um ensino de ciências que promova discussões a respeito de justiça social, que é cada dia mais urgente no contexto social brasileiro. Assim, nesta pesquisa, buscamos analisar as potencialidades da temática cana-de-açúcar como uma QSC para o ensino de ciências e como esta pode auxiliar em discussões de justiça social. Para isso, foi realizada uma pesquisa-ação, a partir de uma atividade de extensão universitária, com professores de ciências da rede básica de ensino e futuros professores (alunos de licenciatura em física, química ou biologia), na qual buscamos entender essas potencialidades a partir de discussões e leituras em grupo e de maneira dialógica, a fim de relacionar os conhecimentos alcançados sobre a temática à educação voltada para a justiça social. Ao final da atividade de extensão, foi realizada uma análise textual discursiva para apresentação dos resultados desta pesquisa. As análises nos mostram que os professores entendem a necessidade de inserir metodologias que superem o ensino tradicional das ciências, porém, ainda se sentem presos aos materiais conteudistas e provas de avaliação de rendimento escolar, além de entenderem a necessidade de uma formação continuada para a constante melhoria da educação. Também percebemos que os professores não apenas entendem a importância, mas buscam incentivar discussões de cunho político em suas aulas, buscando a formação integral dos estudantes, o que é um dos pontos propostos dentro das questões sociocientíficas. Além disso, percebemos também que os professores percebem diferentes formas de trabalhar os temas sobre cana-de-açúcar como uma QSC no ensino de ciências, bem como fomentar discussões de cunho social, ético e ambiental a partir da temática, além de discussões sobre outras QSC que esta pode fomentar. Por fim, os professores apresentaram diferentes abordagens para sequências didáticas que podem ser aplicadas na sala de aula, tanto para aulas específicas de física, química e biologia, como com uma perspectiva interdisciplinar, o que reflete as potencialidades da cana-de-açúcar como uma QSC para o ensino de ciências.

Palavras - chave: questões sociocientíficas, Educação CTSA, educação para a justiça social, atividade de extensão universitária, pesquisa-ação.

ABSTRACT

With the increasing advancement of technology, access to news and information has become increasingly easier. However, this ease of access to the network has caused many doubts regarding the sources of the information, since disinformation content has spread with equal ease and speed. To form subjects capable of acting in these situations, we believe that education must be liberating and dialogic, in order to overcome accommodation based on a critical attitude (Freire, 2023). One of the ways to carry out this liberating education is from socio-scientific issues (SSI), that is, controversial situations that promote teaching focused on discussions of an ethical, social and political nature, seeking to raise awareness among students, based on themes close to their life realities. Furthermore, we recognize the need for science teaching that promotes discussions about social justice, which is increasingly urgent in the Brazilian social context. Therefore, in this research, we seek to analyze the potential of the sugarcane theme as a SSI for science teaching and how it can help in discussions of social justice. To this end, action research was carried out, based on a university extension activity, with science teachers from the basic education network and future teachers (degree students in physics, chemistry or biology), in which we sought to understand these potentialities from discussions and readings in groups and in a dialogical manner, in order to relate the knowledge achieved on the topic to education focused on social justice. At the end of the extension activity, a discursive textual analysis was carried out to present the results of this research. The analyzes show us that teachers understand the need to introduce methodologies that go beyond traditional science teaching, however, they still feel trapped by content materials and school performance assessment tests, in addition to understanding the need for continued training for constant improving education. We also realize that teachers not only understand the importance, but seek to encourage discussions of a political nature in their classes, seeking the comprehensive training of students, which is one of the points proposed within socio-scientific issues. Furthermore, we also noticed that teachers perceive different ways of working with sugar cane as a SSI in science teaching, as well as fostering discussions of a social, ethical and environmental nature based on the theme, in addition to discussions about other QSC that this can encourage. Finally, the teachers presented different approaches to teaching sequences that can be applied in the classroom, both for specific physics, chemistry and biology classes, and with an interdisciplinary perspective, which reflects the potential of sugar cane as a SSI for science teaching.

Keywords: socio-scientific issues, STSE Education, education for social justice, university extension activity, action research.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Elementos CTSA a partir da temática cana-de-açúcar.....	49
Quadro 2 - Sintetização dos significados das categorias formuladas.....	64
Quadro 3 - Síntese dos procedimentos e técnicas apresentados pelos participantes.....	92
Quadro 4 - Procedimentos e atitudes.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados sobre a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.....	39
Figura 2 - Exportação brasileira de açúcar nas últimas safras.....	41
Figura 3 - Exportação brasileira de etanol nas últimas safras.....	41
Figura 4 - Participação agropecuária no PIB brasileiro.....	45
Figura 5 - Divisão entre agricultura e pecuária no PIB brasileiro.....	45
Figura 6 - Potencialidades necessárias em discussões com questões sociocientíficas.....	48
Figura 7 - Exemplos para utilização da articulação entre as três dimensões e as QSC.....	88
Figura 8 - As três dimensões dos conteúdos escolares e acadêmicos.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de cana-de-açúcar nos estados brasileiros na safra de 2022/2023.....	40
Tabela 2 - Colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar nos estados brasileiros (em %)......	42
Tabela 3 - Estimativa para a produção de cana-de-açúcar nos estados brasileiros na safra de 2023/2024.....	43

LISTA DE SIGLAS

ACT - Alfabetização Científica e Tecnológica

ATD - Análise Textual Discursiva

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

C&T - Ciência e Tecnologia

C02 - Dióxido de carbono

CEP - Comitê de Ética em Pesquisas

CH4 - Metano

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DDT - Dicloro-Difenil-Tricloroetano

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

EUA - Estados Unidos da América

FAESP - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo

N20 - Óxido nitroso

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PIB - Produto Interno Bruto

ProEx - Pró-Reitoria de Extensão

QSC - Questões sociocientíficas

SARESP - Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
OBJETIVOS	18
CAPÍTULO 1 - AS QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS E A EDUCAÇÃO PARA A JUSTIÇA SOCIAL	19
1.1 As questões sociocientíficas no ensino de ciências.....	19
1.2 A educação para a justiça social.....	26
CAPÍTULO 2 - A CANA-DE-AÇÚCAR NO CONTEXTO SOCIAL BRASILEIRO E AS POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	31
2.1 Contexto histórico da cana-de-açúcar.....	31
2.2 Os problemas sociais e ambientais da produção da cana-de-açúcar.....	33
2.3 A produção de cana-de-açúcar na atualidade.....	39
2.4 A cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica.....	46
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	51
3.1 Atividades de comunicação: Extensão Universitária segundo Paulo Freire.....	53
3.2 A atividade de comunicação.....	56
3.2.1 Os participantes.....	57
3.2.2 Os encontros da atividade.....	58
3.3 - Metodologia de análise dos dados.....	62
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS	64
4.1 Categoria O papel político do ensino de ciências e das questões sociocientíficas.....	65
4.2 Categoria Possibilidades e limitações das questões sociocientíficas no ensino de ciências.....	70
4.3 Categoria As controvérsias da cana-de-açúcar.....	78
4.4 Categoria Três dimensões dos conteúdos a partir da temática cana-de-açúcar.....	87
4.4.1 Subcategoria Dimensões conceituais dos conteúdos.....	89
4.4.2 Subcategoria Dimensões procedimentais dos conteúdos.....	91
4.4.3 Subcategoria Dimensões atitudinais dos conteúdos.....	92
CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
APÊNDICE A	104

INTRODUÇÃO

Há muitos anos, os meios de comunicação vêm sendo aprimorados de modo exponencial. Nunca antes na história da humanidade, a qual temos documentada, houve tanta facilidade para comunicação entre as pessoas, como na última década. Com isso, facilitou-se o acesso às notícias e informações, sobretudo com a era da internet.

Além disso, percebemos nos últimos anos um acelerado advento da tecnologia, devido à pandemia de Covid-19, quando as restrições sociais forçaram a população a se comunicar através de aparelhos eletrônicos e internet, aumentando assim o uso de smartphones, redes sociais e computadores, além de telejornais com cobertura 24 horas com notícias. Podemos dizer que vivemos um novo paradigma de sociedade, a *sociedade da informação*, na qual há um avanço intensivo no uso das tecnologias da informação e comunicação (Martini, 2017).

Porém, essa facilidade de comunicação tem gerado alguns questionamentos. Devido à facilidade de se colocar informações na rede, as pessoas têm utilizado a internet para propagar não só conteúdos de desinformação, mas discursos de ódio e anti-ciência de maneiras alarmantes. Durante a pandemia, o número de informações falsas e anti-científicas a se propagarem foi sem precedentes, de modo que a população era *bombardeada* diariamente por diferentes informações e ideias completamente divergentes. Assim, grande parte da população não sabia como agir diante de tanta informação, o que gerou ainda mais dúvidas e desentendimentos.

Uma das grandes, se não a maior, tragédia do homem moderno está em que é hoje dominado pela força dos mitos e comandado pela publicidade organizada, ideológica ou não, e por isso vem renunciando cada vez, sem o saber, à sua capacidade de decidir. Vem sendo expulso da órbita das decisões. As tarefas de seu tempo não são captadas pelo homem simples, mas a ele apresentadas por uma “elite” que as interpreta e lhes entrega em forma de receita, de prescrição a ser seguida (Freire, 2023, p. 60).

Todo esse bombardeio de informações tem gerado muita discussão sobre a qualidade das fontes de acesso às notícias e aos conhecimentos, além de como as pessoas podem filtrar essas informações. Ao nosso ver, um dos meios mais importantes para superação desse tipo de situação é uma educação libertadora, afinal, uma atitude crítica para lidar com as informações supera a atitude de acomodação que a mídia espera que as pessoas tenham (Freire, 2023).

Assim, a educação libertadora proposta por Paulo Freire busca a emancipação dos sujeitos, tornando-os agentes ativos para a transformação de sua realidade (Freire, 2021), além

de superar a educação bancária, na qual se deposita conteúdo no aluno e este o absorve passivamente (Freire, 2019). Outra ideia baseada nesta proposta de Freire, é a educação popular, a qual também atua na perspectiva de transformação da sociedade, como também:

A educação popular, entendida como uma concepção política, pedagógica e ética das práticas educativas, tem a missão de contribuir para a construção de uma cidadania ativa e transformadora a partir do exercício da democracia participativa, objetivando um modelo de desenvolvimento integral promotor da justiça social, da inclusão social com equidade de gênero e étnico-racial, da sustentabilidade e da superação de todas as formas de violência e discriminação (Pontual, 2019, p. 161).

Todas essas propostas de educação são baseadas no diálogo, na problematização e conscientização, afinal é a partir da educação libertadora e dialógica que os sujeitos são capazes de entender as estruturas sociais e os modos de dominação e violência nos quais a sociedade está estruturada, a fim de buscar sua transformação e sua imersão democrática, pois “não há nada que mais contradiga e comprometa a imersão popular do que uma educação que não jogue o educando às experiências do debate e da análise dos problemas e que não lhe propicie condições de verdadeira participação” (Freire, 2023, p. 123).

Há vários anos, pesquisadores da área de ensino de ciências (Santos, 2007; Martínez-Pérez, 2010; Lopes, 2013; Conrado, 2017; Santos, 2017; Hodson, 2018, Conrado; Nunes-neto, 2018, entre outros) têm buscado vertentes que promovam o ensino voltado à discussões de cunho ético, social e político, que promovam a conscientização dos educandos, sendo uma dessas vertentes a utilização de questões sociocientíficas (QSC). Estas, por sua vez, são questões aplicadas ao ensino que podem ser, segundo Ramos e Mendonça (2021, p. 4), “formuladas a partir de problemas ou situações controversos, de cunho social, e cujas possíveis soluções demandam a articulação dos conhecimentos científicos das diversas áreas disciplinares, reflexões éticas, políticas e econômicas”. Essas questões apresentam inúmeras vantagens metodológicas, sendo que algumas delas:

Motiva os estudantes, personaliza a aprendizagem, melhora a aprendizagem de conteúdos científicos, contextualiza o entendimento da Natureza da Ciência (NdC) ou Nature of Science (NoS) e envolve os estudantes em situações baseadas em problemas reais, que auxiliam o desenvolvimento de habilidades de pensamento de ordem superior (Hodson, 2018, p. 27).

Além disso, a inserção de QSC no ensino de ciências tem como objetivos “desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística, como a proposta por Paulo Freire” (Santos, 2008, p. 192). Desse modo, um ensino baseado em QSC possibilita a

educação como prática de liberdade, uma vez que, a partir da conscientização e do diálogo, busca preparar os estudantes para a ação sociopolítica.

Outra importante alternativa para a realização da educação libertadora, é a Educação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que é orientada para a transformação social e busca proporcionar oportunidades para que os estudantes aprendam a avaliar criticamente as estruturas sociais vigentes, a fim de promover uma sociedade mais justa, tanto social quanto ambientalmente (Conrado; Nunes-Neto, 2018). Podemos perceber correspondências entre as QSC e a Educação CTSA que serão discutidas adiante nesta pesquisa. Assim, a educação libertadora, a partir das QSC e da Educação CTSA, pode promover a educação para a justiça social, que é cada dia mais urgente no contexto social brasileiro.

Temas como racismo, sexismo, classismo, colonialismo, xenofobia entre outras injustiças, estão em ação na sociedade brasileira. Então, nós que trabalhamos na área de educação em ciências e tecnologias possuímos o dever de trabalhar de uma forma contra-hegemônica a esses pensamentos que contribuem para a subalternização e inferiorização das pessoas (Cassiani; Von Linsingen, 2019, p. 35-36).

A teoria de Paulo Freire, bem como as QSC, são conceitos de interesse pessoal desde a minha graduação em Licenciatura em Física, na qual cursei disciplinas que me permitiram um primeiro contato com a Educação CTSA e suas aproximações com Freire e com as QSC. A ideia de trabalhar a temática cana-de-açúcar como uma QSC também surgiu em uma dessas disciplinas, uma vez que ela representa um marco histórico e social muito importante em nosso país, além das possibilidades de discussões sociais, políticas, econômicas e ambientais que ela pode promover. Porém, com a pandemia de Covid-19 na época em que iria realizar minha pesquisa de monografia, optei por um trabalho de revisão de literatura sobre QSC, e focado apenas no ensino de física. Foi ao ingressar no mestrado, que consegui ampliar minha visão sobre as QSC e sua importância para o ensino de ciências como um todo.

Assim, ao estudar mais sobre o assunto e me aprofundar na teoria de Paulo Freire, surgiu o questionamento que levou a esta pesquisa de mestrado: quais são as potencialidades da temática cana-de-açúcar como uma QSC para o ensino de ciências voltado para a justiça social?

Para responder a essa pergunta, foi realizada uma pesquisa-ação, a partir de uma atividade de extensão universitária com professores de ciências da rede básica de ensino e futuros professores (alunos de licenciatura em física, química ou biologia), na qual buscamos entender essas potencialidades a partir de discussões e leituras em grupo, de maneira a

dialogar e relacionar os conhecimentos alcançados sobre a temática à educação voltada para a justiça social. Ao final da atividade de extensão, foi realizada uma análise textual discursiva para apresentação dos resultados desta pesquisa.

Quanto à estrutura deste texto, logo abaixo segue a explicação de nossos objetivos gerais e específicos. No capítulo 1, apresentamos as QSC no ensino de ciências, bem como suas relações com a Educação CTSA e a perspectiva do ensino de ciências voltado para a justiça social. No capítulo 2, apresentamos a cana-de-açúcar no contexto social brasileiro, buscando explorar desde a sua questão histórica, até os impactos mais atuais para a sociedade brasileira. Também neste capítulo, buscamos apresentar, com base em autores da área, argumentos que permitam que a temática cana-de-açúcar seja explorada como uma QSC.

No capítulo 3, apresentamos a metodologia desta pesquisa, explicando não apenas o que é a pesquisa-ação, mas como ela se desenvolveu a partir de nossa atividade de extensão. Além disso, explicamos aqui as teorias nas quais nos baseamos para a formulação desta atividade, além de toda a estrutura que foi realizada. O capítulo 4 é a apresentação da análise de nossos dados, a partir da análise textual discursiva. E, por fim, apresentamos os resultados mais importantes e as principais contribuições deste trabalho para o campo da pesquisa e do ensino de ciências.

OBJETIVOS

Com o intuito de responder à nossa questão de pesquisa, o objetivo geral desta investigação é analisar quais são as potencialidades da temática da cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica (QSC) para o ensino de ciências voltado para a justiça social, a partir de uma atividade de extensão universitária com professores e futuros professores de ciências.

Quanto aos nossos objetivos específicos, buscamos inicialmente investigar os impactos da cana-de-açúcar no contexto social brasileiro e porque esta temática pode ser considerada uma QSC, nos baseando em alguns autores da área; entender melhor as possibilidades da pesquisa-ação no cenário de uma atividade de extensão universitária; contribuir com o avanço do conhecimento da área no âmbito da pesquisa-ação, das atividades de extensão universitária e das QSC no ensino de ciências.

CAPÍTULO 1 - AS QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS E A EDUCAÇÃO PARA A JUSTIÇA SOCIAL

Questões éticas são fundamentais na educação científica e tecnológica e, neste particular momento histórico de acontecimentos dramáticos no cenário brasileiro e mundial, realçar a natureza política da educação científica e tecnológica é não apenas uma necessidade da educação CTS, mas um desafio para o processo de formação em todos os campos do saber. Seja para preparar aqueles que seguirão carreiras científicas e tecnológicas, seja para a educação em geral, todos deverão estar capacitados a assumir suas responsabilidades pela preservação da vida e pela sustentabilidade, como cidadãos de um mundo finito (Von Linsingen, 2018, p. 13).

Devido ao agravamento dos problemas sociais e ambientais dos últimos tempos, a educação tornou-se, mais do nunca, essencial para a conscientização das futuras gerações. Assim, o ensino de ciências tem o papel fundamental de promover discussões de cunho social, ambiental, econômico e ético, de modo a promover nos alunos o senso crítico e a tomada de decisão para viver em sociedade.

Neste sentido, diversos são os meios para alcançar este objetivo, porém nos dedicamos neste trabalho a estudar as questões sociocientíficas (QSC) e a educação para a justiça social. Portanto, neste capítulo faremos um resgate histórico sobre as QSC, bem como sua importância para o ensino de ciências e o papel da educação para a justiça social.

1.1 As questões sociocientíficas no ensino de ciências

Por volta da década de 1970, com o avanço exponencial da Ciência e Tecnologia (C&T), deu-se início a uma luta para desmistificar a ideia salvacionista de C&T, quando as interferências desses avanços começaram a ser percebidas nas questões sociais e ambientais.

Ao fazer um levantamento sobre a história dominante do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), Ribeiro, Santos e Genovese (2017) afirmam que foi após o final da 2ª Guerra Mundial, principalmente com o lançamento das bombas nucleares em Hiroshima e Nagasaki, que o mundo pôde ver o poder que o ser humano é capaz de alcançar através da C&T. Não obstante, outros eventos históricos continuaram a contribuir para a desmistificação da C&T como salvacionista e promotoras do bem-estar social, como a disputa espacial travada entre Estados Unidos da América (EUA) e a até então União Soviética (URSS). Com o lançamento do primeiro satélite artificial soviético, o Sputnik, em 1957, os EUA deram início a um movimento de formar cientistas através do ensino de ciências,

causando uma renovação curricular com uma forte abordagem experimental, que fracassou e foi abandonado pouco tempo depois.

Logo, os acontecimentos históricos ocorridos ao longo das décadas de 1950 e 1960, destacados na literatura do subcampo, evidenciam diversos problemas sociais que são atribuídos ao desenvolvimento científico e tecnológico: a degradação ambiental proporcionada tanto acidentalmente (vazamentos em usinas nucleares, em petroleiros) quanto intencionalmente (exploração desregulada de recursos naturais); efeitos colaterais irreversíveis provocados pelo uso de medicamentos (como a talidomida); o desenvolvimento de armas gradativamente mais destrutivas proporcionados pela corrida armamentista EUA X URSS; as crises econômicas do capitalismo, sobretudo as sucessivas crises do petróleo; etc. Todos esses fatores aliados ao reconhecido fracasso das reformas curriculares educacionais até então empregadas que negligenciavam uma formação mais ampla que considerasse contextos sociais relevantes aos alunos, levou à emergência de movimentos sociais de contestação, contraculturais, ecologistas, pacifistas na Europa e nos Estados Unidos (Ribeiro; Santos; Genovese, 2017, p. 26).

Assim, após o final da Guerra Fria o “movimento CTS surgiu com uma forte crítica ao modelo desenvolvimentista que estava agravando a crise ambiental e ampliando o processo de exclusão social” (Santos, 2012, p. 53). Desse modo, o movimento CTS tem como intuito entender a C&T como um processo inerentemente social, no qual valores éticos, interesses profissionais e pressões econômicas desempenham um papel decisivo na consolidação de ideias; isto é, busca-se a percepção da dimensão social da ciência e tecnologia (Bazzo; Von Linsingen; Pereira, 2003).

Com isso, o movimento CTS conseguiu gerar uma revolução que possibilitou impor a necessidade de políticas públicas que permitiu a participação dos cidadãos na tomada de decisões, bem como a percepção da necessidade de uma educação científica que possibilitasse essas tomadas de decisões criticamente (Ribeiro; Santos; Genovese, 2017).

Apesar de terem início nos EUA e na Europa, os estudos sobre CTS no ensino de ciências na América Latina surgiram na década de 1990, fortemente influenciados por trabalhos da Espanha e de Portugal. Porém, esses estudos foram inspirados pelos contextos sociopolíticos da região, como as diferenças sociais e de acesso a bens materiais (Martínez-Pérez, 2010).

Martínez-Pérez (2010) ao fazer um resgate histórico do movimento CTS no ensino de ciências, afirma que esta surge no ensino como um movimento de renovação curricular, pensando na formação científica e tecnológica dos estudantes, a partir de um ensino humanístico para superar o *status quo* conteudista das ciências naturais e o reducionismo técnico das disciplinas.

Desse modo, essa abordagem resulta em certa facilidade ao ser trabalhada pelos professores, na medida em que pode fazer com que os estudantes se interessem pela ciência, transcendendo o ensino convencional de conteúdos científicos descontextualizados socialmente (Martínez-Pérez, 2010, p. 19).

Assim, começou-se a utilizar a denominação Educação CTS, quando se fala de um ensino de ciências com enfoque no movimento CTS. Desse modo, a Educação CTS utiliza-se da vertente da educação científica com enfoque na formação para a cidadania, contribuindo para discussões sobre políticas públicas de ciência e tecnologia, além da inserção de temas sociocientíficos e controversos no ensino de ciências (Santos, 2012). Portanto, é possível afirmar que a Educação CTS busca formar cidadãos para situações sociais, políticas e culturais, visando sempre a relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Também é possível verificar como a questão ambiental sempre fez parte do movimento CTS, porém houve uma necessidade de enfatizá-la, devido aos agravantes ambientais, como o uso de pesticidas denunciado por Rachel Carson, considerada *a mãe do ambientalismo*, em seu livro *Primavera Silenciosa*, em 1962. Neste texto, a autora faz uma crítica ao excessivo uso do agrotóxico Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) que estava sendo utilizado em larga escala para combater pulgas e mosquitos em lavouras e dentro das casas, desde a 2ª Guerra Mundial, quando foram utilizados também para evitar a transmissão de doenças como malária e febre amarela, causando a morte de várias espécies de pássaros (Bonzi, 2013). Assim, o movimento CTS passou a ser denominado movimento CTSA, adicionando o “A” à perspectiva CTS, para enfatizar ainda mais a importância da educação ambiental (Santos, 2007). Chamamos de Educação CTSA a educação sob a perspectiva do movimento CTSA (Conrado; Nunes-Neto, 2018). Como concordamos com a necessidade da ênfase da educação ambiental dentro do ensino de ciências, utilizaremos a denominação Educação CTSA a partir de agora.

Segundo Santos (2008), a Educação CTSA quando baseada nos trabalhos de países desenvolvidos têm um foco maior nos impactos tecnológicos na sociedade, porém ao olhar para a realidade de nosso país, é necessário buscar a dimensão mais política e humanística da Educação CTSA, de acordo com as teorias do educador brasileiro Paulo Freire, nas quais se busca maior igualdade e justiça social.

Ao pensar em uma proposta de CTS na perspectiva humanística freireana, busca-se uma educação que não se restrinja ao uso e não uso de aparatos tecnológicos ou ao seu bom e mau uso. Além disso, propõe-se uma educação capaz de pensar nas possibilidades humanas e nos seus valores, enfim em uma educação centrada na condição existencial. Isso significa levar em conta a situação de opressão em que

vivemos, a qual é marcada por um desenvolvimento em que valores da dominação, do poder, da exploração estão acima das condições humanas.

Nesse sentido, uma educação com enfoque CTS na perspectiva freireana buscaria incorporar ao currículo discussões de valores e reflexões críticas que possibilitem desvelar a condição humana (Santos, 2008, p. 122).

Assim, o autor define um modelo curricular para aplicação desta perspectiva freireana da Educação CTSA, as questões sociocientíficas¹. As questões sociocientíficas (QSC) no ensino de ciências são um tema recente de estudo no Brasil, apesar de não ser novo na literatura internacional. O avanço em pesquisas nacionais sobre o tema ocorreu a partir da segunda metade dos anos 2000, de modo que as QSC têm se tornado um campo de estudos promissor em nosso país (Santos; Silva; Silva, 2018).

Segundo Martínez-Pérez (2010), as QSC apresentam importantes possibilidades para o ensino de ciências, uma vez que permitem trabalhar aspectos políticos, sociais, éticos, ideológicos, além de questões sobre a natureza da C&T, a tomada de decisão e o raciocínio ético e moral. Desse modo, têm em comum com a Educação CTSA, o objetivo na formação para a cidadania dos estudantes.

Podemos definir as QSC como:

[...] questões de interesse social, econômico, ambiental e ético-moral. O principal objetivo é permitir que os cidadãos jovens observem criticamente a sociedade que temos, os valores que a sustentam, e que perguntem o que pode e o que deve ser alterado, a fim de alcançar uma democracia socialmente mais justa e resultar em estilos de vida ambientalmente mais sustentáveis (Hodson, 2018, p. 50).

Assim, as QSC podem ser trabalhadas a partir de situações complexas que permitem a abordagem de conteúdos de maneira inter ou multidisciplinar, tendo como fundamentos, na busca pela solução de seus problemas, os conhecimentos científicos (Conrado; Nunes-Neto, 2018). Alguns exemplos de temáticas que podem ser trabalhadas como QSC no ensino de ciências são aquecimento global, clonagem, transgênicos, uso de células tronco, fertilizantes e poluição (Martínez-Pérez; Carvalho, 2012).

Ratcliffe e Grace (2003) são alguns dos autores mais citados na literatura sobre definições de temáticas que podem ser exploradas como QSC. Segundo os autores, as temáticas sociocientíficas devem ter base em conhecimentos científicos, envolver a formação

¹ Santos (2008) utiliza o termo “Aspectos Sociocientíficos” ao invés de “Questões Sociocientíficas”. Porém, sendo esses sinônimos, utilizaremos o termo Questões Sociocientíficas que estão de acordo com nossos demais referenciais.

de opiniões e tomada de decisões, fazer parte do contexto atual relatado pela mídia localmente ou mundialmente, entre outras características.

Porém, os autores afirmam que existem algumas razões pelas quais esse tipo de abordagem não aparece tão frequentemente nas aulas de ciências, como a falta de confiança na capacidade dos professores em lidar com questões que não possuem respostas únicas ou fechadas, falta de conhecimento em estratégias de ensino para lidar com questões polêmicas, a necessidade de lidar com grandes quantidades de informações, cujo domínio é percebido dentro do currículo e, portanto, não há tempo para considerar questões sociais e éticas, além do entendimento entre alguns professores de que as questões sociais não deveriam ser parte do currículo de ciências, mas apenas das *humanidades*. Como solução, os autores afirmam que os professores de ciências deveriam compreender alguns itens essenciais como: a natureza das ciências, cidadania e justiça social, a natureza das reportagens relatadas pela mídia, análises éticas e estratégias de tomadas de decisão, análises de probabilidade e risco-benefício, desenvolvimento sustentável e conceitos científicos subjacentes ao nível dos investigadores científicos. Desse modo,

As questões sociocientíficas podem figurar na educação para a alfabetização científica, a cidadania e o desenvolvimento sustentável. A ‘alfabetização científica’, a ‘cidadania’ e o “desenvolvimento sustentável” são conceitos amplos cuja adoção em grande escala na educação tem problemas práticos imediatos e consequências de longo alcance. Um objetivo educacional abrangente pode ser que os alunos atuem como cidadãos informados e responsáveis quando confrontados com futuros avanços científicos. Esse não é um objetivo Modesto! No entanto, sugerimos que vertentes do conhecimento conceitual e processual, atitude e crenças incorporadas na discussão sobre cidadania, alfabetização científica e desenvolvimento sustentável podem ser a base de objetivos de aprendizagem apropriados (Ratcliffe; Grace, 2003, p. 38, tradução nossa)

Hodson (2018) buscou definir um modelo de 4 estágios para abordagem de QSC no ensino de ciências, sendo eles:

Estágio 1: a apreciação dos impactos sociais e ambientais da mudança científica e tecnológica e o reconhecimento de que a ciência e a tecnologia são, até certo ponto, culturalmente determinadas;

Estágio 2: o reconhecimento de que as decisões sobre o desenvolvimento científico e tecnológico são tomadas na busca de interesses particulares e que benefícios para alguns podem ser às custas de outros. O reconhecimento de que os desenvolvimentos em ciência e tecnologia são inextricavelmente ligados à distribuição de riqueza e poder;

Estágio 3: abordar a controvérsia, esclarecer valores, resolver dilemas éticos, formular e desenvolver suas próprias opiniões e justificá-las através da discussão e do argumento;

Estágio 4: preparar-se para agir e agir sobre questões sociocientíficas e ambientais (Hodson, 2018, p. 35).

Para o autor, o estágio 1 deve ser aquele no qual os estudantes são levados a pensar sobre os impactos ambientais e sociais causados pelo desenvolvimento da C&T e o reconhecimento de que essas são inevitavelmente determinadas por um grupo de pessoas.

Já no estágio 2, o autor afirma que deve ser aquele capaz de ajudar os estudantes a entender que as principais decisões que envolvem C&T são normalmente tomadas e justificadas por valores e necessidades particulares, e implementadas por aqueles com maior poder econômico e político sobre os demais. Assim, eles podem começar a questionar esses desenvolvimentos, pensando em como eles afetam os mais pobres e desfavorecidos.

O estágio 3 deve ser aquele no qual os estudantes devem empenhar-se na luta para o estabelecimento de práticas socialmente mais justas e sustentáveis, a partir de controvérsias que possam esclarecer valores e desenvolver sentimentos sociais que levem os estudantes a se posicionarem nas lutas por justiça social, igualdade, equidade e liberdade em quaisquer contextos sociais.

Por fim, Hodson (2018) afirma que o estágio 4 pode ser trabalhado a partir de estudos de caso de situações reais nas quais a tecnologia mudou e até mesmo moldou a vida na sociedade, mostrando aos estudantes que as inovações tecnológicas são complexas, além de possuir riscos e benefícios muitas vezes incalculáveis, e que podem mudar estilos de vida, causar problemas à saúde humana e ao meio ambiente, e principalmente, afetar aqueles que não têm poder de protestar. Por isso, é importante que os estudantes saibam agir, criticar e exigir políticas públicas de proteção a todos.

Segundo Lopes (2013), o ensino de ciências, a partir de QSC, busca a compreensão e participação pública em decisões C&T com fortes influências às concepções de Paulo Freire, para o qual a educação deve ser problematizadora e buscar a emancipação dos sujeitos. Além disso, a autora afirma que existem temáticas com grande potencial na América Latina, devido a nossa colonização, como por exemplo o fato do Brasil exportar matéria prima barata e pagar um alto custo pelos produtos importados. Logo, para a autora, as QSC têm um papel fundamental na formação para a cidadania e para a vida política, já que “a defesa pela educação científica, de acordo com as QSC, é baseada na necessidade da formação política e na compreensão de ciência pela sociedade para a participação efetiva desta nos temas que influenciam sua vida” (Lopes, 2013, p. 88).

Para Santos (2017) a importância de envolver QSC no ensino de ciências em países em desenvolvimento como o Brasil vai ao encontro da proposta de Lopes (2013), uma vez que, para o autor, devem ser levadas para discussão em sala de aula a questão de exclusão tecnológica em relação aos países mais desenvolvidos, o acesso aos bens de cultura e tecnologia, o poder de decisão sobre aspectos da C&T e as experiências como sujeitos na sociedade na qual vivemos, buscando compreensão de C&T, participação pública, argumentação, além da compreensão e ação sobre o mundo.

Ademais, o autor reforça a importância das QSC na formação de opiniões e na participação dos estudantes,

Para o tratamento em sala de aula, isto é, em um viés metodológico, as Questões Sociocientíficas preveem o desenvolvimento de aprendizagens de conteúdos e metodologias que permitam a superação da cultura do silêncio. Envolve formação de opinião, realização de escolhas no nível pessoal e social. Requer a comunicação entre professores de distintas áreas do conhecimento; a construção coletiva; a criação de possibilidades além do currículo; a retomada do poder decisório do que e como ensinar da escola (Santos, 2017, p. 80).

Portanto, podemos perceber que as QSC podem ser utilizadas como uma das maneiras de inserir a Educação CTSA no ensino de ciências e “têm sido introduzidas nos debates midiáticos, políticos e nos currículos escolares como uma forma de discutir/compreender os dilemas sociais relacionados às ordens científicas e tecnológicas.” (Silva, 2016, p. 39). A partir das QSC, os alunos são levados a pensar criticamente e construir seus argumentos, sendo que

[...] Entendemos a argumentação como todo e qualquer discurso em que aluno e professor apresentam suas opiniões em aula, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando os resultados alcançados. Neste sentido, estamos cientes de que a argumentação se apresentará mais ou menos estruturada a depender do momento em que ocorre dentro de uma discussão ou de uma sequência didática como um todo. Para este trabalho em particular, sua importância está estreitamente relacionada ao fato de que será a argumentação o meio pelo qual poderemos encontrar evidências concretas de como os alunos se posicionam e como pensam nas relações que envolvem CTSA em sala de aula (Sasseron; Carvalho, 2008, p. 336).

Assim, nas pesquisas desenvolvidas a partir da visão latino americana, as QSC têm se desenvolvido buscando dar ênfase às ações sociopolíticas da Educação CTSA (Guimarães *et al.*, 2018), uma vez que “ela é dirigida por um profundo compromisso da educação antidiscriminatória, isto é, aquela educação que expõe as raízes comuns do sexismo, do

racismo, da homofobia, do especismo, do eurocentrismo e dos vieses do Ocidente (ou do Norte)” (Hodson, 2018, p. 39).

Em Conrado (2017), a autora trabalha com QSC de modo a promover uma transformação social. Segundo ela, é papel da educação a formação de cidadãos ativistas socioambientalmente responsáveis, para que possam reconhecer forças antidemocráticas que neguem a justiça social e política à todos.

Portanto, para alcançar transformação social, no sentido da construção de uma sociedade mais justa, mais equitativa, e mais ambientalmente sustentável, é necessária uma precisão explícita que possa distinguir entre: a) uma educação para manutenção do *status quo*, que é a principal função social de uma educação reprodutora dos valores e ideologias dominantes da sociedade, que, particularmente, não prepara o sujeito para questionar tradições e práticas hegemônicas; e b) uma educação crítica, que permita discutir, revelar e refletir sobre sistemas e práticas injustas, de opressão, ou ambientalmente insustentáveis, e que possa preparar o sujeito para questionar ideologias, valores e práticas hegemônicas, para que este sujeito (ou este grupo) se sinta capaz, confiante e protagonista nas ações sociopolíticas a favor de mudanças sociais necessárias (Conrado, 2017, p. 55-56).

Além disso, a autora também afirma que a educação jamais pode ser neutra, uma vez que isso apenas contribui para manter os problemas no *status quo* que estão. Desse modo, as QSC no ensino de ciências buscam promover uma sociedade mais justa, igualitária, ambientalmente sustentável e que deve levar os estudantes a pensar o que deve ser feito para alterar a sociedade em que vivemos. Assim, a partir destas definições de QSC, podemos relacionar seus objetivos com a educação para a justiça social.

1.2 A educação para a justiça social

Antes de iniciarmos uma discussão sobre essas relações entre a Educação CTSA e a educação para a justiça social, algumas definições desta última são aqui pertinentes, iniciando pela diferenciação entre igualdade e equidade. Enquanto “igualdade” busca garantir direitos iguais a todos os cidadãos, “equidade” reconhece as diferenças existentes entre as pessoas, de modo a promover oportunidades aos mais necessitados, permitindo assim nivelar as oportunidades a todos (Azevedo, 2013). Assim:

[...] Esses princípios de justiça e equidade já não podem ser aplicados da mesma maneira que no passado. A justiça, por exemplo, não pode estar baseada na ideia de tratar a todos da mesma maneira. A justiça, particularmente a justiça social, deve tirar a venda que cobre seus olhos e que a impede de ver a quem se dirige, e tratá-lo de maneira mais adequada à sua situação (Tedesco, 2002, p. 21).

É na perspectiva da equidade de oportunidades, buscando promover a verdadeira justiça social, que a educação deve ser baseada quando busca ser libertadora. Segundo Tedesco (2002), existem três pontos cruciais sobre a educação para a justiça social que devem ser levados em conta, sendo eles (1) seu papel na mobilidade social, uma vez que é a partir da educação que é permitido realizar as atividades mais significativas socialmente, além de ser necessário estudar ao longo de toda vida para manter-se nessas atividades produtivamente; (2) a democratização do acesso à educação que permita essa mobilidade, sendo necessária uma política educacional que confie na capacidade de aprendizagem de todos, para que haja participação social, afinal “a formação básica e universal deverá ser capaz de dotar o conjunto dos cidadãos dos instrumentos e das competências cognitivas necessárias para o desempenho de um cidadão ativo” (Tedesco, 2002, p. 25) e, por fim, (3) a formação do cidadão no sentido da solidariedade, ou seja, na formação para a cidadania, os estudantes devem ser levados a pensar sobre as esferas locais, nacionais e internacionais, políticas, econômicas, entre outros, de modo a promover a solidariedade. Nesse terceiro parâmetro proposto por Tedesco (2002), percebemos a principal relação com as QSC, como já definimos anteriormente.

Outra importante ponderação ao se utilizar QSC em busca da justiça social, foi feita por Hodson (2018) em relação à posição do professor. Muitas pessoas acreditam que o professor deve ser manter neutro e imparcial em relação a essas questões, porém o autor afirma que é fundamental que os professores auxiliem os estudantes a esclarecer e investigar diferentes concepções para a resolução dos problemas apresentados, a fim de desenvolver e incentivar a capacidade de argumentação e coragem para o compromisso social.

Outro ponto de destaque quanto à contribuição à ideia de educação para a justiça social, é a noção de educação libertadora de Paulo Freire, a qual busca a emancipação dos sujeitos e a tomada de consciência perante sua situação de opressão, a fim de lhe permitir escolher o próprio caminho. Isto é, Freire formulou toda a sua pedagogia como expressão da emergência política, que busca, de modo autêntico, a libertação das classes populares (Weffort, 2023).

Além disso, por se tratar de uma pedagogia humanística, ou seja, voltada para a condição humana, a educação proposta por Paulo Freire tem como meta uma mudança na alienação causada pela opressão das pessoas, de modo que seja um mecanismo de libertação, para a superação das condições sociais vigentes (Santos, 2008).

Porém, Freire (2023) afirma que a opressão e o silenciamento do povo brasileiro começou desde sua colonização, uma vez colônia de exploração. Desse modo, a própria colonização impediu a implementação de uma autêntica democracia, a partir da vivência comunitária.

Realmente o Brasil nasceu e cresceu dentro de condições negativas às experiências democráticas. O sentido marcante de nossa colonização, fortemente predatória, a base da exploração econômica do grande domínio, em que o 'poder do senhor' se alongava 'das terras às gentes também' e do trabalho escravo inicialmente do nativo e posteriormente do africano, não teria criado condições necessárias ao desenvolvimento de uma mentalidade permeável, flexível, característica do clima cultural democrático, no homem brasileiro (Freire, 2023, p. 91).

Portanto, cabe à educação auxiliar as pessoas na passagem da transitividade ingênua para a transitividade crítica perante a sociedade, de modo a promover uma mudança na estrutura social vigente. Assim, a partir da perspectiva de Paulo Freire, a educação para a justiça social não é neutra, mas sim uma ferramenta poderosa para a emancipação dos oprimidos e para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária. Ela visa capacitar os indivíduos para que se tornem agentes de mudança, capazes de desafiar as estruturas de poder e contribuir para uma transformação social positiva.

Ao articular os pressupostos teóricos de Freire com a Educação CTSA, estamos favorecendo a promoção de um ensino de ciências a partir das realidades e dos interesses pessoais dos estudantes, levando-os a pensar sobre temas como crise ambiental, desigualdade, racismo, injustiças sociais, entre outros temas que podem fortalecer a formação cidadã crítica (Rodrigues; Von Linsingen; Cassiani, 2019).

Ademais, uma outra referência significativa para a justiça social é bell hooks². Escritora, professora e ativista feminista negra, hooks argumenta que a luta pela justiça social não pode se limitar apenas a uma única causa ou identidade marginalizada, mas deve abranger as diversas formas de discriminação que afetam diferentes grupos de pessoas, unindo a tríade raça, classe e gênero (hooks, 2019). Assim, ela acredita que a solidariedade entre movimentos é essencial para enfrentar as estruturas de poder dominantes e alcançar uma sociedade mais justa e igualitária.

Quanto à educação, a autora fala sobre sua importância como ferramenta para a transformação social. hooks defende que a educação enquanto prática da liberdade, também

² bell hooks preferia que seu nome fosse escrito com letras minúsculas devido seu posicionamento político que busca enfatizar a importância de suas contribuições intelectuais em vez de concentrar a atenção em sua individualidade como autora.

chamada de *pedagogia engajada* pela autora, deve valorizar a expressão dos alunos, seu bem estar e capacitá-los a questionar as normas sociais. Além disso, a autora afirma a necessidade de um modelo holístico de aprendizado, no qual os professores também são engajados nesse processo de capacitação e crescimento social (hooks, 2020).

Além dessa perspectiva de libertação social, as QSC também podem auxiliar na construção de uma sociedade ambientalmente mais sustentável. Sabemos que os problemas ambientais estão cada vez mais graves, visto que temos levado a natureza e as sociedades à processos insustentáveis de existência e de lidar no/com o mundo, uma vez que as relações dos seres humanos com a natureza têm sido predatórias, com o passar do tempo (Vasconcelos *et al.*, 2014).

Assim, quando utilizamos de questões ambientais para trabalhar com QSC, além de estarmos mais uma vez relacionando os conceitos da Educação CTSA, uma vez que grande parte dos problemas ambientais têm sido causados pelo aumento desenfreado da tecnologia, estamos também falando sobre justiça social. Segundo Hodson (2018), alguns exemplos de QSC com ênfase ambiental são os baixos níveis dos lençóis freáticos, a qualidade do solo, a diminuição das espécies de abelhas, borboletas, pássaros e minhocas, a quase extinção de bactérias fixadoras de nitrogênio, além do impacto negativo das tecnologias na vida dos Agricultores de subsistência, entre outras. Além disso, pode ser utilizada uma ênfase na questão de exploração ambiental para a exportação, que forçam os países em desenvolvimento a utilizar recursos ambientalmente insustentáveis,

Os países em desenvolvimento são muitas vezes obrigados a aceitar as tecnologias e práticas agrícolas dos países desenvolvidos ou mais industrializados, incluindo o amplo uso de fertilizantes, para aumentar o rendimento das culturas; herbicidas e inseticidas, para plantas daninhas e controle de pragas; agricultura mecanizada e práticas de irrigação; e até mesmo a adoção de culturas geneticamente modificadas, em troca de outras formas de ajuda econômica e apoio militar (Hodson, 2018, p. 38).

Logo, é crucial que o ensino de ciências seja pautado em discussões que tornem os estudantes capazes de lidar com os problemas sociais e ambientais, afinal:

[...] No contexto de uma sociedade democrática, certamente, os cidadãos serão chamados à tomada de decisão (posicionamento consubstanciado), por vezes envolvendo temas polêmicos que, na maioria das vezes, envolvem questões de (in)justiça social e ambiental. Então, é de fundamental importância uma formação que colabore para a constituição de sujeitos que assumam uma postura crítica e autônoma, além de serem capazes de mobilizar argumentos balizados em pressupostos científicos, sociais, econômicos, ambientais, entre outros, passíveis de defesa (Vasconcelos *et al.*, 2014, p. 252).

Além disso, se queremos uma mudança na atual estrutura social e na configuração ambiental em que vivemos, esses temas devem ser debatidos em sala de aula, afinal, o não envolvimento com tais questões, implica em aceitar as práticas vigentes (Hodson, 2018).

CAPÍTULO 2 - A CANA-DE-AÇÚCAR NO CONTEXTO SOCIAL BRASILEIRO E AS POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

2.1 Contexto histórico da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é um grupo de espécies de gramíneas perenes altas do gênero *Saccharum*; é uma planta tropical da família das *Poaceae*. Ela representa uma das principais culturas agrícolas cultivadas em muitas regiões do mundo, principalmente em áreas tropicais e subtropicais, utilizada principalmente na produção de açúcar e etanol. Não se sabe ao certo qual a sua origem exata, porém geralmente é atribuída a regiões tropicais do Sudeste Asiático, mas ao longo dos séculos, ela se espalhou para várias partes do mundo através de rotas comerciais e colonizações.

Antes de se espalhar pela Europa, a cana-de-açúcar era um alimento muito caro, consumido apenas por reis e nobres, e produzida apenas na costa do Mediterrâneo:

Provavelmente oriunda da Índia, a cana-de-açúcar foi levada pelos árabes e chineses para territórios localizados na Costa do Mar Mediterrâneo e do Oceano Índico. Posteriormente, os cavaleiros das Cruzadas, que haviam se acostumado ao uso do açúcar no Extremo Oriente e que queriam continuar a utilizá-lo, ao retornarem para a Europa, rapidamente desenvolveram um intenso comércio do açúcar produzido na Costa do Mediterrâneo, o qual perdurou até o início do século XVI.

A conquista de Constantinopla pelos turcos, em 1453, fez a manufatura açucareira declinar no entorno do Mediterrâneo e possibilitou o seu monopólio produtivo pelos portugueses, que já haviam iniciado o plantio da cana-de-açúcar em ilhas do Atlântico. No século XVI, a cana é levada à recém-colônia descoberta - o Brasil (Rodrigues; Ross, 2020, p. 7-8).

Ao chegar no Brasil, os portugueses pouco se interessaram pelas terras brasileiras, pois não tinham esperança de encontrar metais preciosos, mas logo perceberam o clima favorável e as boas condições do solo para plantio. Foi em 1532, que Martim Affonso de Souza trouxe a primeira muda de cana ao Brasil, iniciando o cultivo na Ilha de São Vicente e a criação do primeiro engenho brasileiro (Machado, 2006). Assim, entre as décadas de 1530 e 1540 a produção açucareira se estabeleceu no Brasil (Braibante *et al.*, 2013).

Como o Brasil era muito grande, com uma vasta área litorânea, para que acontecesse a expansão da produção de cana pelo país, a coroa portuguesa dividiu sua colônia em imensos lotes de terra e os distribuiu à sua nobreza para colonização e exploração. Para incentivar a produção da cana, os donatários das terras recebiam privilégios jurídicos e fiscais para

implementação de engenhos, além da autorização para escravizar um número ilimitado de indígenas para trabalhar em suas plantações (Rodrigues; Ross, 2020). A partir disso, a produção da cana-de-açúcar se espalhou por todo o território brasileiro, com a criação de vários engenhos, dando início ao monopólio brasileiro de cana-de-açúcar.

Inicialmente, os engenhos utilizavam mão de obra indígena escravizada, sendo o apogeu entre 1540 e 1570. Porém, o contato intensivo dos indígenas com os colonizadores expôs a população nativa a doenças europeias, como a varíola, que matou cerca de 30 mil indígenas em 1562, e o sarampo, que matou outros milhares em 1563 (Rodrigues; Ross, 2020).

Os efeitos dessas epidemias foram avassaladores para as colônias açucareiras, tendo em vista a necessidade dessa mão de obra para a produção do açúcar, mas também pela dependência do trabalho indígena para obtenção dos gêneros alimentícios nativos, os quais passaram a faltar, causando privações para os portugueses e mais mortes para os índios, de inanição (Schwartz, 1988).

[...] Aos problemas causados pelas duas epidemias e à produtividade bem maior do escravo africano quando comparada do indígena, levaram os portugueses, a partir de 1570, a iniciar a importação de africanos (Schwartz, 1988) (Rodrigues; Ross, 2020, p. 49).

O trabalho escravo africano continuou na produção da cana-de-açúcar no Brasil até meados do século XIX, sendo extinguido oficialmente somente após a aprovação da Lei Áurea em 1888 (Rodrigues; Ross, 2020).

Segundo Rodrigues e Ross (2020), durante um conturbado período, o Brasil perdeu o posto de maior produtor de açúcar da América, quando outras colônias começaram a produzir cada vez mais cana-de-açúcar, como o Caribe. Porém, segundo os autores, devido a várias mudanças que ocorriam no mundo, como a Revolução Industrial, o preço do açúcar subiu, o que levou o Brasil a se elevar no mercado açucareiro novamente.

Os autores afirmam que foi a partir de 1750, que o estado de São Paulo passou a se destacar na produção de cana-de-açúcar, um dos grandes motivos do aumento da população e acúmulo de capital no estado. Quando o café chega ao Brasil, com o valor comercial mais alto, a cana novamente é deixada de lado, mas volta com força total na década de 1830.

O imperador do Brasil, D. Pedro II era um entusiasta das novas tecnologias e em 1857 foi elaborado um programa de modernização da produção de açúcar baseado em um novo conceito produtivo. Assim surgiram os Engenhos Centrais, que deveriam somente moer a cana e processar o açúcar, ficando o cultivo de cana exclusivamente por conta dos fornecedores. Nessa época Cuba liderava a produção mundial de açúcar de cana com 25% do total e o açúcar de beterraba produzido na Europa e EUA significava 36% da produção mundial. O Brasil contribuía com apenas 5% de um total de 2.640.000 t de açúcar em 1874 (Machado, 2006).

Os engenhos centrais ganharam esse nome por centralizar a recepção da cana-de-açúcar produzida. Assim, os produtores poderiam concentrar-se apenas no plantio e colheita da cana, para enviar aos engenhos centrais; enquanto estes, por sua vez, produziam o açúcar com maior aprimoramento de processos e utilização de máquinas de processo industrial. Os engenhos centrais foram então criados para modernização da produção da cana-de-açúcar para que o Brasil pudesse voltar a concorrer com o mercado mundial na produção de açúcar (Rodrigues; Ross, 2020). Apesar da expansão desses engenhos centrais em todo o Brasil, eles duraram pouco mais de uma década, até que começaram a ser substituídos por usinas, que utilizavam de maquinário mais tecnológico. A principal diferença entre as usinas e os engenhos centrais, era que nelas a matéria prima poderia ser de produção própria dos donos das usinas ou adquirida de outros fornecedores.

A era da industrialização da produção da cana-de-açúcar causou diversos impactos sociais e ambientais, alguns deles desde seu surgimento, como

[...] a incorporação dos antigos banguês³ pelas usinas. Durante a entressafra, os usineiros, mais capitalizados, financiavam os fornecedores, os quais muitas vezes não conseguiam saldar suas dívidas, sendo obrigados a vender suas propriedades à usina, que assim ampliava seu patrimônio fundiário. (Rodrigues; Ross, 2020, p. 112)

Na próxima seção, exploramos mais a fundo os impactos sociais e ambientais que a industrialização da cana-de-açúcar trouxe para o Brasil.

2.2 Os problemas sociais e ambientais da produção da cana-de-açúcar

A colonização do Brasil pelos portugueses causou diversas alterações ambientais e sociais em nosso país, que perduram até os dias atuais. Muitas dessas alterações estão fortemente entrelaçadas com a produção da cana-de-açúcar em solo brasileiro.

Um dos efeitos que mais se distingue na observação de qualquer atividade humana sobre a paisagem é a retirada da cobertura vegetal. No caso do plantio da cana-de-açúcar, a Floresta Pluvial Atlântica, ou Mata Atlântica, foi a primeira a ser afetada (Rodrigues; Ross, 2020, p. 55).

³ Termo usado historicamente para descrever os trabalhadores, frequentemente vítimas de exploração e brutalidade, nas plantações de cana-de-açúcar, especialmente no contexto brasileiro durante o período colonial e imperial.

Apesar de já ter sido explorada por anos antes do início da produção da cana-de-açúcar, foi a partir dessa produção que a Mata Atlântica começou a sentir o maior impacto da exploração. Segundo Rodrigues e Ross (2020), um exemplo dessa exploração é o fato de que, no início do século XIX, o estado de São Paulo apresentava aproximadamente 81% de seu território coberto por essa floresta. Entre obtenção de madeira para construção de engenhos e o desmatamento para plantio, a floresta perdeu vários quilômetros de extensão (Rodrigues; Ross, 2020).

Ainda segundo Rodrigues e Ross (2020), outra mudança ambiental devido ao grande aumento na produção de cana-de-açúcar e na criação de novos engenhos, foram os vários animais de origem euroasiáticas como porcos, galinhas, ovelhas, cabras e bois que começaram a ser trazidos ao Brasil, para servir de alimento para a população e como animais de carga, como no caso dos “carros de boi”. Como esses animais não encontravam competidores naturais nas terras brasileiras, os rebanhos começaram a aumentar de tamanho rapidamente.

Outra mudança perceptível, segundo os autores, foi a invasão cultural europeia nos povos nativos brasileiros, que forçaram uma mudança cultural nas várias etnias. Durante a expansão da produção da cana-de-açúcar, o trabalho escravo indígena foi altamente explorado, antes da vinda dos escravos africanos, o que forçava diversos povos indígenas a modificar suas culturas, chegando à extinção de algumas de suas tradições culturais.

Portanto, a implementação e a expansão canavieira, entre os séculos XVI e XIX, levaram a uma série de impactos socioambientais. Alguns mais pontuais, como a contaminação do solo e da água por dejetos bovinos e a modificação de vias fluviais para a implementação das calhas que levavam a água aos engenhos reais. Já outros de grande magnitude, muitas vezes irreversíveis, como a devastação de trechos importantes da Mata Atlântica e o desmantelamento dos saberes culturais de tribos indígenas e mesmo a extinção de alguns desses povos originários (Rodrigues; Ross, 2020, p. 66).

Um fator importante ao falar sobre os impactos ambientais da cana-de-açúcar é a questão de sua colheita. A colheita da cana até meados de 1990 era feita em sua grande maioria com trabalhos braçais, o que gerou uma prática muito conhecida até hoje: a queimada da palha da cana. Argumenta-se que a queima da palha aumenta a segurança dos trabalhadores na colheita manual, aumenta o rendimento do corte e o cultivo, além de eliminar impurezas do solo e da planta (Ronquim, 2010). Essa prática acontece principalmente entre os meses de abril e novembro, meses com baixas precipitações, o que acaba agravando ainda mais os efeitos da qualidade do ar.

Os impactos das queimadas de cana influenciam a diminuição da biodiversidade animal por meio da perda de habitat ou morte de animais que utilizam o canavial para nidificação ou alimentação. A biodiversidade vegetal também é ameaçada em áreas adjacentes às dos canaviais queimados, por se tornarem mais suscetíveis aos incêndios acidentais (Ronquim, 2010, p. 8).

Essa prática libera gases como dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄), o que prejudica a saúde da população nas cidades ao redor dos canaviais, além de aumentar o efeito estufa no planeta. Além disso, Ronquim (2010) aponta dois grandes problemas relacionados a perda de biodiversidade, causados pela queimada, a saber: (1) eliminação de um grande número de espécies da fauna nativa dos canaviais, como insetos, pássaros, pequenos roedores, além dos microrganismos ali presentes. E (2) pode atingir a flora, uma vez que os canaviais geralmente são plantados próximos a florestas e/ou outras plantações. Além disso, as queimadas ocorrem em épocas de seca, o que facilita seu alastramento, podendo atingir essas áreas muito rapidamente. Também o calor liberado pela chama pode prejudicar as plantações ao redor do canavial.

Porém, a prática de queimada da cana-de-açúcar é proibida em todo território nacional pela Lei nº 12.651 de 2002 e reforçada pelo Projeto de Lei nº 1.778 de 2007, justificado pelo fato de a queimada não possuir benefícios comprovados, além da redução do custo para o produtor, mas prejudica a saúde da sociedade, uma vez que libera gases poluentes no ambiente (BRASIL, 2007). Apesar de terem se passado cerca de vinte anos da criação de leis, ainda é algo comum vermos queimadas em canaviais, principalmente no interior do estado de São Paulo.

Outra importante questão ambiental sobre a produção da cana-de-açúcar no Brasil é a monocultura, isto é, a plantação de um único produto agrícola em um local, que pode colocar em desequilíbrio a fauna e a flora do país, além de alterar condições físico-químicas do solo (Roseiro; Takayanagui, 2004). Porém, Liboni e Cezarino (2012) afirmam que no período entre safras de cana-de-açúcar, é possível fazer a renovação do solo, que consiste em utilizar outro tipo de cultura para melhorar a condição do solo para cultivo.

As culturas mais utilizadas para rotação da cana-de-açúcar são soja, amendoim e outras espécies utilizadas como adubo verde. A rotação de culturas favorece o uso mais racional do espaço, pois não esgota o recurso solo e utiliza-o de forma mais diferenciada para servir de produção às culturas alimentícias (Liboni; Cezarino, 2012, p. 220).

Quanto à essa questão, Rodrigues e Ross (2020) afirmam que existem diferentes perspectivas, pois enquanto alguns autores afirmam que há uma forte monocultura da cana em expansão, o que diminui espaços de outras plantações e de pecuária, outros afirmam que, em alguns estados, está ocorrendo o inverso.

Ademais, Rodrigues e Ross (2020) enumeram os 5 principais impactos ambientais causados pela grande produção de cana-de-açúcar, sendo eles:

(1) As emissões atmosféricas: segundo os autores, existem dois lados a serem analisados sobre as emissões atmosféricas: um negativo, devido à queima da palha da cana, já proibida por lei, a produção industrial a base de caldeiras, que utilizam o próprio bagaço da cana, mas ainda emitem óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono, além de poeira e fuligem; e um lado positivo, pois o uso de etanol, um biocombustível, tem diminuído a cada dia o uso de combustíveis fósseis, como a gasolina, que são muito mais poluentes.

(2) Efluentes líquidos e captação de água: outro problema é a alta demanda de água no processo industrial da cana-de-açúcar, porém vale ressaltar que a plantação não demanda de muita irrigação, quando comparada a outros produtos. Quanto aos efluentes (resíduo proveniente da indústria), a vinhaça é o mais volumoso, um resíduo líquido que surge no processo de produção de álcool, com elevado teor de potássio e muito corrosivo. Por anos a vinhaça foi descartada em rios, causando sérios problemas ambientais, mas tem sido utilizada há algum tempo como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar. Apesar de melhorar o impacto ambiental, quando usada em grande escala, ainda pode atingir as águas subterrâneas.

(3) Resíduos sólidos: no processo industrial da cana-de-açúcar se produz dois tipos de resíduos sólidos, o próprio bagaço da cana e as cinzas provenientes da queima desse bagaço, ambos podendo ser utilizados como fertilizantes. Na fase agrícola, quando feita sem queima e mecanizada, é ainda produzido outro resíduo, as pontas e folhas de cana crua. Essas são colocadas sobre o solo para prevenção de processos erosivos e retorno de nutrientes, porém pode facilitar a propagação de fogo na região, além da proliferação de insetos como a mosca-de-estábulo, que pode transmitir doenças como anemia infecciosa em equinos, doença do carrapato e habronemose gástrica.

(4) Mudanças no uso da terra: devido a necessidade de aumentar a produção de cana-de-açúcar a partir de novas usinas, cada vez mais espaços têm sido utilizados para essa plantação, inclusive em substituição de outras atividades agropecuárias, causando diminuição de culturas alimentares e inviabilização da agricultura familiar, aumentando assim a

monocultura da cana-de-açúcar. Ainda dentro desse tema, os autores falam sobre o crescimento na utilização de agrotóxicos com esse aumento da produção. Apesar de demandar menos agrotóxicos na plantação em relação a outras culturas, ainda tem um alto potencial gerador de contaminações de recursos hídricos próximos às plantações de cana-de-açúcar.

(5) Erosão dos solos: como último grande impacto ambiental da produção de cana-de-açúcar, os autores apresentam a erosão dos solos.

A erosão é um processo natural de liberação e arraste de partículas do solo e de nutrientes causada, nas áreas intertropicais, sobretudo pela ação das chuvas, e intensificada pela interferência humana por meio de atividades como a retirada da vegetação original e da sua substituição por plantios agrícolas (Rodrigues; Ross, 2020, p. 246).

Assim, as áreas de canaviais estão sujeitas à erosão. Para evitar esse processo, tem-se utilizado o palhiço liberado na colheita mecanizada, que forma uma camada sobre o solo que amortece o impacto das gotas de chuva, auxiliando na conservação dos solos.

Por fim, é de grande importância falarmos sobre os impactos sociais da produção da cana-de-açúcar, sendo o principal deles, o número de empregos. Não podemos negar que a expansão do setor sucroalcooleiro tem gerado diversos postos de trabalho formais e informais. Todavia, cabe analisar as condições desses empregos gerados pela produção da cana-de-açúcar.

Em termos qualitativos, Paixão (1999) afirma que existem, no setor sucroalcooleiro brasileiro, três categorias de trabalhadores: o primeiro sendo dos trabalhadores de altos escalões com elevados graus de instrução e salários altos, ocupando cargos internos gerenciais, administrativos e financeiros; o segundo seriam os trabalhadores semiqualeificados de escritório, os operadores de máquinas, os tratoristas, entre outros cargos que recebem salários medianos, além de treinamentos e oportunidades de crescer dentro das usinas; por fim, a grande maioria dos cargos (ocupando cerca de 65% do total do setor) estão os trabalhadores externos sem qualificação profissional, sem perspectivas de ascensão de cargos e que vivem em situações precárias, como os cortadores de cana, os operários e operadores de máquinas do período de safra.

Já em termos quantitativos, segundo Paixão (1999), o setor sucroalcooleiro emprega cerca de 800 mil trabalhadores apenas no corte da cana-de-açúcar, porém devemos lembrar que esse posto de trabalho é sazonal, ou seja, no período entre safras, temos um número

altíssimo de desempregados em todo o país. Segundo o autor, se considerarmos a monocultura da cana, essa situação é ainda mais agravante, uma vez que esses trabalhadores não conseguem encontrar empregos em outras culturas próximas a suas residências, sendo necessárias mudanças que podem colocá-los em situações de maior vulnerabilidade populacional.

Além da sazonalidade, muitas vezes esses empregos de cortadores não são regulamentados, de modo que os trabalhadores não possuem registro formal e nem o pagamento de seus direitos sociais. Além disso, os salários pagos por esses cargos são muito baixos e a proposta de algumas usinas é a utilização de um sistema de remuneração por produção. Isso significa que, quanto mais o trabalhador colher, mais ele recebe. Essa é uma das formas das usinas lucrarem mais a partir da exploração de mão de obra dos trabalhadores, que trabalham até a exaustão na esperança de salários melhores, mas acabam recebendo um valor baixíssimo por essa produção (Paixão, 1999).

Porém, esse número de empregos para cortadores de cana tem diminuído a cada ano com o processo de mecanização do corte. Essa mecanização tem sido utilizada para diminuir os gastos na produção, diminuir os impactos ambientais com as queimadas e aumentar a eficiência da colheita. Mas, o que isso acarreta para os 800 mil trabalhadores? Segundo Paixão (1999) essa situação agrava ainda mais o desemprego, pois esses trabalhadores sem qualificação profissional são excluídos de todo o processo produtivo da cana-de-açúcar.

No mesmo sentido, o arrendamento e a terceirização, principais mecanismos utilizados pelas usinas para a implantação ou expansão dos canaviais (Cleps, 2009; Assis e Zucarelli, 2007), provoca modificações na disponibilidade de empregos e no fluxo migratório do campo para as cidades. Trabalhadores rurais sem maior qualificação, que antes eram empregados nas fazendas, não conseguem ser absorvidos nas propriedades canavieiras que utilizam grande tecnificação, direcionando-se, muitas vezes, para os subempregos das cidades (Rodrigues; Ross, 2020, p. 229).

Entretanto, Liboni e Cezarino (2012) afirmam que essa mecanização da colheita da cana não é ao todo ruim, uma vez que as condições de trabalho dos cortadores braçais são extenuantes e desumanas. Assim, para esses autores, essa mecanização é uma oportunidade para melhorar as condições de sub-empregos gerados pelo setor. Além disso, os autores afirmam que algumas usinas de cana-de-açúcar estão investindo em qualificação, treinamento e cursos para os funcionários rurais, e recolocando-os em outros setores dentro das empresas, para que estes não fiquem excluídos do mercado de trabalho com a eliminação de seus cargos,

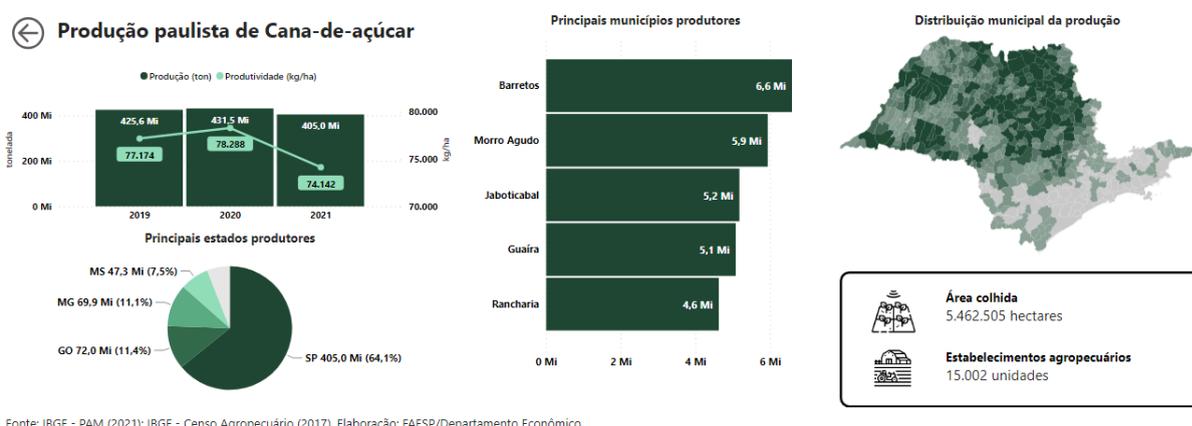
evitando o desemprego no setor. Assim, pensando nas condições socioambientais, a longo prazo esses funcionários poderão ser realocados em cargos com melhores condições de trabalho.

Em conclusão, Paixão (1999) afirma que é necessária uma fiscalização e uma maior efetivação das políticas públicas para melhorar verdadeiramente as condições de trabalho desses funcionários. Além disso, o autor afirma que não se pode negar a importância que a produção sucroalcooleira tem para o país e para o mundo, uma vez que pode vir a substituir combustíveis fósseis que tanto degradam o ambiente. Porém, o crescimento desse setor deve levar em conta todo o processo produtivo, não se baseando apenas no lucro de poucos empresários favorecidos, mas sim levando a uma real democratização das relações de trabalho de todos os envolvidos nesse processo (Paixão, 1999).

2.3 A produção de cana-de-açúcar na atualidade

O Brasil é hoje o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo o estado de São Paulo o principal produtor em âmbito nacional, respondendo por mais de 50% da produção do país. A figura abaixo mostra os dados levantados pelo Departamento Econômico da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo (FAESP) para a produção de cana-de-açúcar no estado durante os anos de 2019, 2020 e 2021:

Figura 1: Dados sobre a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo



Fonte: Departamento Econômico da FAESP, 2022.

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), durante a safra de 2022/2023 o estado de São Paulo possuía um total de 4.147,6 mil hectares de plantações de

cana, que geraram uma produção de 312.879,5 mil toneladas de cana-de-açúcar, sendo que desta produção resultou em 22,49 milhões de toneladas de açúcar e 11,97 bilhões de litros de etanol.

Tabela 1: Produção de cana-de-açúcar nos estados brasileiros na safra de 2022/2023.

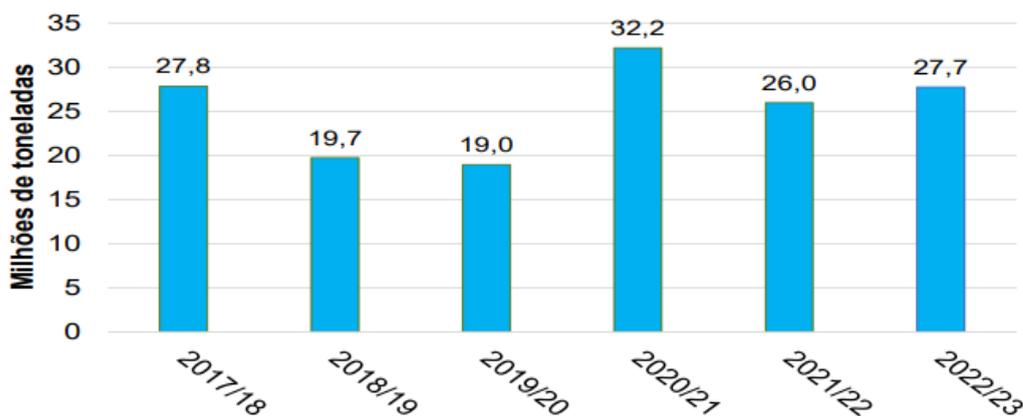
REGIÃO / UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 2021/22	Safra 2022/23	VAR. %	Safra 2021/22	Safra 2022/23	VAR. %	Safra 2021/22	Safra 2022/23	VAR. %
NORTE	45,0	47,3	5,0	85.652	80.862	(5,6)	3.856,9	3.823,0	(0,9)
AM	3,7	3,8	4,3	83.011	56.653	(31,8)	306,3	218,0	(28,8)
PA	14,1	15,5	10,0	83.687	79.131	(5,4)	1.180,0	1.227,0	4,0
TO	27,2	27,9	2,5	87.028	85.160	(2,1)	2.370,6	2.378,0	0,3
NO	847,4	871,7	2,9	58.783	64.313	9,4	49.810,8	56.060,7	12,5
MA	28,7	28,3	(1,2)	79.095	76.231	(3,6)	2.266,9	2.158,1	(4,8)
PI	20,8	21,2	2,1	70.788	68.866	(2,7)	1.468,8	1.459,0	(0,7)
RN	57,5	66,1	15,0	43.928	55.370	26,0	2.525,4	3.662,3	45,0
PB	117,2	117,6	0,3	48.528	62.080	27,9	5.688,9	7.302,4	28,4
PE	217,4	237,4	9,2	58.788	61.510	4,6	12.779,3	14.605,0	14,3
AL	307,7	304,3	(1,1)	59.252	65.197	10,0	18.231,9	19.841,1	8,8
SE	41,2	39,6	(3,8)	53.290	59.929	12,5	2.195,5	2.375,2	8,2
BA	57,0	57,0	0,1	81.707	81.695	-	4.654,1	4.657,7	0,1
CENTRO - OESTE	1.806,3	1.767,5	(2,1)	70.400	74.422	5,7	127.163,1	131.539,2	3,4
MT	195,2	174,7	(10,5)	78.323	90.883	16,0	15.291,8	15.876,6	3,8
MS	648,2	636,0	(1,9)	63.786	70.174	10,0	41.346,1	44.627,1	7,9
GO	962,9	956,8	(0,6)	73.246	74.241	1,4	70.525,2	71.035,4	0,7
SUDESTE	5.123,4	5.127,1	0,1	71.501	75.629	5,8	366.327,4	387.755,3	5,8
MG	846,5	896,4	5,9	75.754	78.686	3,9	64.125,8	70.537,9	10,0
ES	46,5	47,5	2,3	55.288	58.082	5,1	2.568,1	2.759,7	7,5
RJ	22,8	35,5	56,0	49.177	44.442	(9,6)	1.119,2	1.578,2	41,0
SP	4.207,7	4.147,6	(1,4)	70.945	75.436	6,3	298.514,2	312.879,5	4,8
SUL	522,9	475,4	(9,1)	60.449	65.115	7,7	31.609,9	30.953,1	(2,1)

PR	522,9	475,4	(9,1)	60.449	65.115	7,7	31.609,9	30.953,1	(2,1)
NE	892,4	919,0	3,0	60.139	65.165	8,4	53.667,8	59.883,7	11,6
CENTRO - SUL	7.452,6	7.369,9	(1,1)	70.458	74.661	6,0	525.100,4	550.247,6	4,8
BRASIL	8.345,0	8.288,9	(0,7)	69.355	73.609	6,1	578.768,1	610.131,4	5,4

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de CONAB (2023a, p. 34).

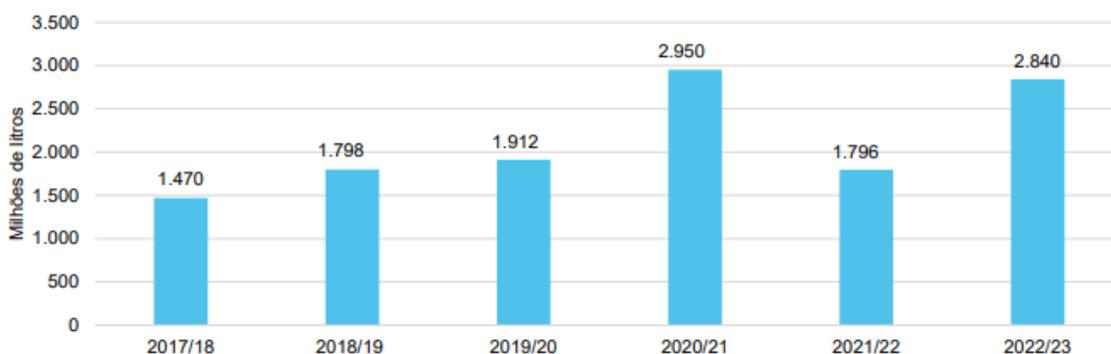
Toda essa produção de cana-de-açúcar na safra de 2022/2023 resultou em uma exportação de cerca de 27,7 milhões de toneladas de açúcar e 2,840 milhões de litros de etanol, um aumento significativo quando comparado às safras anteriores, como mostram as figuras a seguir:

Figura 2: Exportação brasileira de açúcar nas últimas safras.



Fonte: Comex Stat, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços *apud* CONAB (2023b, p. 51).

Figura 3: Exportação brasileira de etanol nas últimas safras.



Fonte: Comex Stat, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços *apud* CONAB (2023b, p. 53).

Além disso, essas exportações renderam um arrecadamento de US\$11,5 bilhões de dólares pelo açúcar (26,4% mais alto que a safra anterior) e US\$1.999,2 milhão para o etanol (CONAB, 2023b).

Quanto à colheita da cana-de-açúcar, para evitar o ateamento de fogo nas plantações, a colheita mecanizada tem sido cada vez mais usada em todo o território nacional, sendo que no estado de São Paulo, (o maior produtor) na safra de 2022/2023 aumentou-se para 99,2% a colheita mecanizada. Porém, o estado de São Paulo não é o estado brasileiro que mais utiliza essa técnica, como podemos comparar na tabela a seguir:

Tabela 2: Colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar nos estados brasileiros (em %).

REGIÃO/ UF	Safra 2021/2022		Safra 2022/2023	
	Manual	Mecanizada	Manual	Mecanizada
NORTE	-	100,0	-	100,0
AM	-	100,0	-	100,0
PA	-	100,0	-	100,0
TO	-	100,0	-	100,0
NORDESTE	77,7	22,3	74,0	26,0
MA	21,3	78,8	21,9	78,1
PI	100,0	-	87,0	13,0
RN	48,5	51,5	49,8	50,2
PB	75,9	24,1	91,7	8,3
PE	96,5	3,5	87,9	12,1
AL	70,8	29,2	62,8	37,2
SE	91,6	8,4	87,0	13,0
BA	86,8	13,2	78,9	21,1
CENTRO-OESTE	1,2	98,8	0,6	99,4
MT	-	100,0	-	100,0
MS	-	100,0	-	100,0
GO	2,2	97,8	1,2	98,8
SUDESTE	3,6	96,4	1,9	98,1
MG	2,1	97,9	2,4	97,6
ES	19,1	80,9	25,9	74,1

RJ	80,2	19,8	82,4	17,6
SP	3,1	96,9	0,8	99,2
SUL	4,4	95,6	1,6	98,4
PR	4,4	95,6	1,6	98,4
NORTE/NORDESTE	73,8	26,2	70,2	29,8
CENTRO-SUL	3,1	96,9	1,5	98,5
BRASIL	10,6	89,4	9,2	90,8

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de CONAB (2023a, p. 45).

Quanto às estimativas para a safra de 2023/2024, a previsão é um aumento de 6,9% em relação à safra anterior, destinando 8.410,3 mil hectares de cana para a colheita, com um rendimento médio de 75.751 kg/ha. O aumento na produção é previsto devido ao crescimento de áreas de expansão, além das condições climáticas que têm se apresentado melhores do que na safra anterior.

Desse aumento estimado, prevê-se uma produção de 38,77 milhões de toneladas de açúcar, 4,7% acima do volume da safra 2022/23 e uma produção de 27,53 bilhões de litros de etanol de cana-de-açúcar, representando um aumento de 0,6% frente à safra passada. Em relação à colheita, estima-se que 92,4% da colheita no Brasil seja realizada de forma mecanizada.

Tabela 3: Estimativa para a produção de cana-de-açúcar nos estados brasileiros na safra de 2023/2024.

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 2022/23	Safra 2023/24	VAR. %	Safra 2022/23	Safra 2023/24	VAR. %	Safra 2022/23	Safra 2023/24	VAR. %
NORTE	47,3	48,5	2,6	80.862	83.809	3,6	3.823,0	4.067,0	6,4
AM	3,8	3,9	0,3	56.653	71.484	26,2	218,0	276,0	26,6
PA	15,5	16,4	5,8	79.131	79.949	1,0	1.227,0	1.311,0	6,8
TO	27,9	28,3	1,2	85.160	87.732	3,0	2.378,0	2.480,0	4,3
NO	871,7	893,4	2,5	64.313	62.342	(3,1)	56.060,7	55.695,7	(0,7)
MA	28,3	29,9	5,8	76.231	76.944	0,9	2.158,1	2.304,3	6,8
PI	21,2	20,5	(3,3)	68.866	69.319	0,7	1.459,0	1.420,0	(2,7)
RN	66,1	66,9	1,1	55.370	54.468	(1,6)	3.662,3	3.643,8	(0,5)

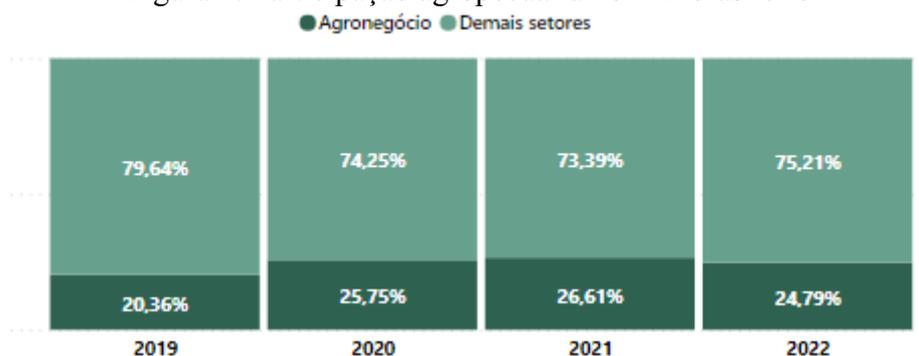
PB	117,6	118,4	0,7	62.080	54.541	(12,1)	7.302,4	6.459,2	(11,5)
PE	237,4	236,7	(0,3)	61.510	58.163	(5,4)	14.605,0	13.764,9	(5,8)
AL	304,3	315,5	3,7	65.197	64.703	(0,8)	19.841,1	20.411,4	2,9
SE	39,6	39,6	-	59.929	56.780	(5,3)	2.375,2	2.250,4	(5,3)
BA	57,0	65,9	15,5	81.695	82.605	1,1	4.657,7	5.441,8	16,8
CENTRO - OESTE	1.767,5	1.785,9	1,0	74.422	78.915	6,0	131.539,2	140.933,3	7,1
MT	174,7	200,6	14,8	90.883	97.231	7,0	15.876,6	19.503,8	22,8
MS	636,0	648,1	1,9	70.174	75.206	7,2	44.627,1	48.744,6	9,2
GO	956,8	937,2	(2,1)	74.241	77.559	4,5	71.035,4	72.684,8	2,3
SE	5.127,1	5.194,0	1,3	75.629	77.919	3,0	387.755,3	404.710,0	4,4
MG	896,4	955,9	6,6	78.686	81.721	3,9	70.537,9	78.114,9	10,7
ES	47,5	49,6	4,4	58.082	60.521	4,2	2.759,7	3.002,3	8,8
RJ	35,5	35,5	-	44.442	44.272	(0,4)	1.578,2	1.572,2	(0,4)
SP	4.147,6	4.153,0	0,1	75.436	77.539	2,8	312.879,5	322.020,6	2,9
SUL	475,4	488,5	2,8	65.115	64.859	(0,4)	30.953,1	31.686,6	2,4
PR	475,4	488,5	2,8	65.115	64.859	(0,4)	30.953,1	31.686,6	2,4
NE	919,0	941,9	2,5	65.165	63.448	(2,6)	59.883,7	59.762,7	(0,2)
CENTRO - SUL	7.369,9	7.468,4	1,3	74.661	77.303	3,5	550.247,6	577.329,9	4,9
BRASIL	8.288,9	8.410,3	1,5	73.609	75.751	2,9	610.131,4	637.092,6	4,4

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados de CONAB (2023b, p. 38).

Essa alta produção agrícola gera um grande número de empregos no Brasil. Em junho de 2023, segundo os dados do Departamento Econômico da FAESP, o setor agropecuário apresenta 1.772.421 postos de trabalho ativos. Somente no estado de São Paulo, o setor agropecuário é responsável por mais de 30% dos postos de trabalho formais. Em abril de 2023, somente a atividade canavieira gerou 2.190 novos postos de trabalho no estado de São Paulo.

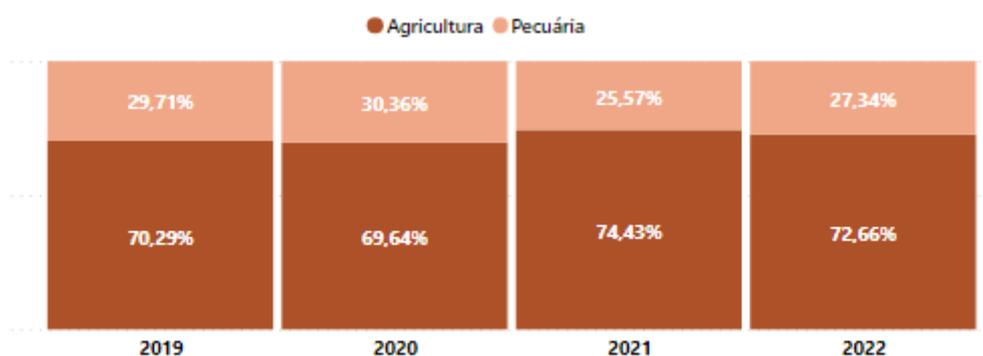
Em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, o agronegócio representou 24,79% do total no ano de 2022, sendo deste valor 72,76% para agricultura, conforme podemos ver nas figuras a seguir:

Figura 4: Participação agropecuária no PIB brasileiro



Fonte: Departamento Econômico da FAESP, 2022.

Figura 5: Divisão entre agricultura e pecuária no PIB brasileiro



Fonte: Departamento Econômico da FAESP, 2022.

Com isso, podemos perceber que a produção de cana-de-açúcar possui extrema importância para a economia brasileira. Apesar de todos os problemas sociais e ambientais, e de ser uma marca de nossa colonização exploratória, não podemos negar sua contribuição econômica para o país. Além da contribuição econômica, também não podemos deixar de falar sobre a importância da cana-de-açúcar como uma fonte energética limpa.

O etanol é um combustível produzido a partir de fontes renováveis e tem baixo teor de carbono. Essas duas características dão uma importância estratégica no combate à intensificação do efeito estufa e seus efeitos nas mudanças climáticas globais, o que representa um alinhamento com os princípios do desenvolvimento sustentável (Liboni; Cezarino, 2012, p. 204).

Assim, o Brasil possui um grande potencial para a produção de energia limpa a partir da biomassa, substituindo o uso de recursos não renováveis. A substituição dos combustíveis fósseis por etanol, reduz a emissão de monóxido de carbono, elimina a emissão de compostos de chumbo, enxofre e material particulado da gasolina e apresenta emissões menos tóxicas.

Seu uso em detrimento da gasolina, já tem levado a melhorias consideráveis na qualidade do ar em grandes centros urbanos (Liboni; Cezarino, 2012).

A cana-de-açúcar não é a única matéria prima para a produção do etanol. O etanol do milho tem sido produzido em grande escala pelos EUA, tendo o Brasil como segundo maior produtor mundial de etanol de milho. Todavia, as vantagens da produção da cana-de-açúcar como fonte de biomassa são muito grandes, como a possibilidade de aproveitamento de 100% do produto agrícola. Estudos têm comprovado que a biomassa pode ser gerada a partir do bagaço de cana, muitas vezes desperdiçado após a produção do açúcar (Santos, 2012). Logo, existe a possibilidade de um aproveitamento integral da cana-de-açúcar, além de todos os benefícios ambientais que o uso de biocombustíveis pode trazer em detrimento do uso de combustíveis fósseis.

Assim, esse tema pode se enquadrar em diversos tipos de discussões para o ensino de ciências, levando em consideração suas perspectivas ambientais, sociais, econômicas e políticas.

2.4 - A cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica

Após entendermos a importância das questões sociocientíficas (QSC) no ensino de ciências, suas relações com a Educação CTSA e seu importante papel quando se busca uma educação voltada para a justiça social, fica mais fácil perceber como a temática da cana-de-açúcar pode ser entendida como uma QSC. Assim, a temática foi escolhida por possuir grande impacto social e econômico na região, uma vez que esta pesquisa acontece no interior do estado de São Paulo, além da possibilidade de utilizá-la em vários assuntos em aulas de ciências, quando se busca um ensino interdisciplinar e contextualizado. Desse modo, vamos apresentar, a partir de alguns autores da área, porque a temática é válida para ser trabalhada como uma QSC no ensino de ciências.

Para iniciar nossa discussão a esse respeito, a primeira referência que utilizaremos é o livro de Ratcliffe e Grace (2003, p. 2-3), já citado anteriormente, no qual os autores definem alguns pontos essenciais para uma temática ser trabalhada como uma QSC. Abaixo apresentamos esses pontos, bem como a maneira como a temática da cana-de-açúcar se encaixa em cada um deles:

- Tem base na ciência, frequentemente nas fronteiras do conhecimento científico: como o conteúdo curricular de ciências não deixa de ser importante quando trabalhamos

com QSC, a temática da cana-de-açúcar permite que diversos conceitos científicos sejam abordados a partir de suas características;

- Envolve formação de opiniões, realização de escolhas pessoais ou sociais: por se tratar de uma temática conhecida na região onde esta pesquisa está inserida, as pessoas já têm algumas opiniões formuladas, que podem vir a ser discutidas e debatidas em grupo, a fim de compreender as demais posições existentes a esse respeito, além das implicações sociais de suas opiniões;
- São frequentemente relatadas pela mídia e apresentada nos propósitos do comunicador: apesar de estar sempre em notícias regionais, não podemos esquecer que as notícias nem sempre são apresentadas de forma imparcial, sendo necessário debater a temática com o grupo, apresentando todas as perspectivas possíveis, para que a solução dialogada para essa QSC seja a partir da união das ideias de todos no grupo;
- Lida com informações incompletas devido a evidências científicas conflitante/incompletas e, inevitavelmente, relatórios incompletos: como no item anterior, os relatórios incompletos e/ou partidários podem apresentar divergência de informações. Por isso, analisar todas as perspectivas desta temática é extremamente necessário para a formação de uma opinião concreta da sociedade, para que esta possa se posicionar em relação a esse assunto;
- Aborda dimensões locais, nacionais e globais, com estruturas políticas e sociais correspondentes: uma QSC pode se tratar de um assunto regional, como a temática cana-de-açúcar que, na região onde esta pesquisa está inserida, é uma grande fonte da economia local, ou pode até mesmo se tratar um assunto global, como o aquecimento global e o derretimento das geleiras, por exemplo;
- Envolve alguma análise de custo-benefício em que o risco interage com valores: como já dito no item anterior, a temática é uma grande fonte da economia local, o que permite que sejam debatidas perspectivas econômicas em confronto com valores;
- Pode envolver considerações de desenvolvimento sustentável: com uma importante relação com a Educação CTSA, as QSC devem levar em consideração a questão ambiental, em busca de uma sociedade mais sustentável. Logo, a temática cana-de-açúcar se encaixa nesse ponto ao permitir diferentes abordagens da questão ambiental, principalmente para discussão de algumas práticas poderem trazer malefícios irreversíveis para o ambiente;

- Envolve valores e raciocínio ético: essa é a base para que as QSC sejam trabalhadas como base para a educação voltada para a justiça social. Assim, a temática se encaixa ao permitir que diferentes posições quanto aos valores éticos e morais sejam discutidos a partir de questões sociais, econômicas, ambientais, como trabalho escravo e socialmente injusto, distribuição de renda, entre outros;
- Pode exigir algum conhecimento de probabilidade e risco: ao analisar a questão econômica da temática cana-de-açúcar, não podemos esquecer de ponderar as questões sociais e ambientais, bem como seus riscos;
- São frequentes tópicos da atualidade: como já dito anteriormente, por se tratar de um assunto importante para a região, a temática ainda se faz presente na vida das pessoas. Além disso, com o agravamento dos problemas ambientais, têm se aumentado as discussões sobre desenvolvimento sustentável, monocultura, colheita mecanizada, entre outros assuntos que podem vir a ser utilizados a partir da temática.

Esses autores, Ratcliffe e Grace (2003), são utilizados como uma das maiores referências para definir QSC. Assim, diversos outros autores sintetizam esses pontos apresentados anteriormente ao definir QSC em seus trabalhos, como é o caso de Reis (2013), que afirma que o uso de QSC no ensino de ciências deve ser capaz de apresentar algumas competências com relação tanto aos conteúdos científicos quanto ao desenvolvimento social, ético e político, ambos essenciais para viver em uma sociedade democrática, como mostra a figura a seguir:

Figura 6: Potencialidades necessárias em discussões com questões sociocientíficas.



Fonte: Reis (2013, p. 2).

Assim, percebemos que os pontos estabelecidos pelo autor são muito próximos à ideia de Ratcliffe e Grace (2003), de modo que podemos relacionar a temática da cana-de-açúcar a esses dois pontos. Primeiramente, pensando na aprendizagem de ciências, existem diversos conteúdos e processos científicos que podem ser explorados através da temática, por exemplo, a questão energética, a monocultura, entre outros. Quanto ao desenvolvimento cognitivo, já exploramos as possibilidades de trabalhar a temática em discussões de cunho político, moral e ético. Como exemplo, podemos pensar na questão ambiental sobre a produção e colheita da cana-de-açúcar, que envolve questões políticas, econômicas e éticas a serem discutidas. Desse modo, diversos autores utilizaram esses pontos para apresentar uma justificativa para a utilização de suas QSC, como clonagem, células tronco, cosméticos, armas nucleares, entre outras.

Além disso, como acreditamos que o uso de QSC no ensino de ciências é uma das formas de promover a Educação CTSA (Conrado; Nunes-Neto, 2018), também podemos relacionar a temática da cana-de-açúcar de acordo com alguns elementos de CTSA na sua abordagem, no quadro abaixo, assim como fez Conrado e Nunes-Neto (2018).

Quadro 1: Elementos CTSA a partir da temática cana-de-açúcar

Elementos	Exemplos
C	Conhecimentos científicos: produção de energia, gases tóxicos, efeito estufa, espécies de gramíneas perenes e demais vegetais, distribuição geográfica, climas e espécies de vegetação nativa, dados estatísticos sobre produção e custo.
T	Técnicas e tecnologias: de cultivo, de colheita, de melhoramento genético, de produção de açúcar e etanol, de produção de energia, de manejo de pragas com e sem agrotóxicos.
S	Diálogos e ações: modos socioeconômicos de produção, políticas públicas de fiscalização e regulamentação das formas de produção e colheita, formas alternativas de cultivo, fiscalização de queimadas, legislação de proteção ambiental local e global, leis de proteção ao trabalhador rural, criação de campanhas para incentivo ao uso de biocombustíveis.
A	Condições ambientais: monoculturas, energias limpas, produção de biomassa, biocombustíveis X combustíveis fósseis, contaminação dos solos e lençóis freáticos, queimadas, uso de agrotóxicos.

Fonte: Elaborado pela autora e inspirado em Conrado e Nunes-Neto (2018) e Conrado (2017).

Ademais, em uma pesquisa realizada recentemente, Macedo (2023) fez um levantamento sobre os trabalhos publicados sobre ensino de ciências a partir de QSC e percebeu um silenciamento de temáticas emergentes para nossa população, uma vez que os

trabalhos se pautam em temáticas mais distantes da realidade da população brasileira. A partir disso, percebemos que a temática cana-de-açúcar possui forte potencial para preencher essa lacuna, uma vez que já mostramos a sua grande relevância para a realidade da sociedade brasileira.

Añez (2020) também realizou uma pesquisa sobre o uso de agrotóxicos, como uma temática ambiental com forte relação com a população. Ao propor uma atividade de extensão universitária, a autora relatou a importância do rompimento das amarras do ensino de ciências tradicional para a conscientização crítica da população, uma vez que as grandes empresas produtoras tendem a impor insumos em busca de lucros, aumentando a submissão e opressão da população. Por isso, a autora indica a necessidade de novas pesquisas que utilizem questões ambientais que aproximem a realidade do campo com as grandes inovações em C&T. Nos baseando nessa colocação, a cana-de-açúcar também apresenta os potenciais necessários para discutir questões de produção, lucro e distribuição para a população, se qualificando como importante temática para o ensino de ciências.

Por fim, um último exemplo é Lopes (2013) que também propôs a temática agrotóxicos como uma questão sociocientífica para o ensino de ciências. A autora justifica que:

[...] É um tema potencialmente controverso, que não possui uma solução imediata, cujo argumento da ciência não pode ser tomado como o único correto, relaciona aspectos locais e globais, consequências ao ambiente e à saúde, aspectos éticos e faz parte da vida da maioria das pessoas no planeta. [...] Neste sentido, a QSC apresentada possui relações importantes com conteúdos científicos e fatores humanos e ambientais, por isso, constitui uma questão com potencial educativo importante para o ensino de ciências (Lopes, 2013, p. 104).

Analogamente, podemos perceber que a temática cana-de-açúcar também se encaixa nessas definições, uma vez que representa um tema local controverso, sem resolução imediata, com a possibilidade de trabalhar diversos conteúdos científicos, éticos, sociais e ambientais.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia escolhida para esta pesquisa, ou seja, o conjunto sistemático de etapas que foram desenvolvidas na investigação do fenômeno escolhido (Silva; Menezes, 2005). Desse modo, serão descritos não somente os métodos de investigação, mas também como ocorreu a elaboração e a realização da atividade de extensão como fonte, coleta e análise de dados.

Primeiramente, esta é uma pesquisa de cunho qualitativo, isto é, busca entender a realidade e os participantes da pesquisa. Segundo Zanette (2017), a pesquisa qualitativa é aquela que busca aproximar os sujeitos envolvidos em seus contextos histórico-culturais. Assim,

[...] um bom trabalho científico, que utiliza metodologia mais próxima da realidade a ser pesquisada, deve ser aquele que propicia ao pesquisador ‘colocar-se no papel do outro’, ou seja, compreender a realidade pela visão dos pesquisados como forma de aproximação entre a vida e o que vai ser investigado. Para isso, ainda um melhor caminho é através da pesquisa qualitativa com metodologia que vise compreender a questão do humano através da dimensão educacional (Zanette, 2017, p. 173).

Logo, justificamos a escolha desta abordagem, uma vez que buscamos entender a partir de discussões em grupo, como a temática da cana-de-açúcar pode contribuir para um ensino de ciências voltado à justiça social. Quanto à metodologia de constituição de dados, escolhemos a pesquisa-ação, um tipo de pesquisa social baseada na resolução de um problema (uma ação) na qual pesquisadores e participantes encontram-se em uma situação de cooperação (Thiollent, 1986). Porém,

Nem sempre a pesquisa de ação começa com um tema a pesquisar. O impulso é antes uma vontade de mudança/ inovação. O processo de projetar ações (intervenções na situação social) aprofunda nos participantes a compreensão dos processos sociais e desenvolve novas estratégias para induzir melhorias. O foco recairá em algum aspecto do contexto social em que o trabalho tem lugar, mas o ponto inicial pode ser um tanto impreciso, como um sentimento de insatisfação sobre cuja razão não se tem certeza (Noffke; Somekh, 2015, p. 144).

Assim, a pesquisa-ação é aquela que surge com o intuito de gerar mudanças a partir do diálogo com todos os envolvidos na pesquisa. Segundo Tripp (2005), um dos tipos de pesquisa-ação é a pesquisa-ação emancipatória “que opera numa escala mais ampla e constitui assim, necessariamente, um esforço participativo e colaborativo, o que é socialmente crítico pela própria natureza” (p. 458). Desse modo, “pela pesquisa-ação é possível estudar

dinamicamente os problemas, decisões, ações, negociações, conflitos e tomadas de consciência que ocorrem entre os agentes durante o processo de transformação da situação” (Thiollent, 1986, p. 19).

Segundo Thiollent (1986), diferentemente dos demais métodos de pesquisa, a pesquisa-ação não possui uma sequência de etapas a serem seguidas, uma vez que permite ao pesquisador moldar sua pesquisa de acordo com as situações a serem investigadas. Todavia, o autor apresenta alguns pontos que podem auxiliar na estruturação da pesquisa. O primeiro deles é o que ele chama de *fase exploratória*, fase na qual acontece a decisão do tema a ser pesquisado e o convite aos interessados em participar, ou seja, é a fase de diagnóstico do problema e das expectativas dos participantes. Para essa escolha do tema a ser pesquisado, existem duas possibilidades: ele pode ser determinado de antemão ou decidido com o grupo de participantes conforme a pesquisa acontece, levando sempre em consideração que a pesquisa-ação busca soluções para um problema. Porém, é importante lembrar que, apesar da possibilidade de se debater um tema com os participantes, os pesquisadores precisam entender do assunto que vão pesquisar, ou seja,

Nesse processo, os pesquisadores não podem aprender tudo o que precisam apenas no contato com as populações. Precisam de uma formação anterior, a mais completa possível, para estarem em condição de definir a problemática adequada ao desenrolar da prática de pesquisa. Nesta fase, a pesquisa bibliográfica é necessária (p. 52).

Com isso, o autor faz uma importante observação; segundo ele, muitos autores deixam a teoria de lado quando praticam uma pesquisa-ação, por entender que essa se trata de uma pesquisa de campo. Porém, não se faz pesquisa-ação sem entender a teoria por trás do tema a ser pesquisado, isto é, não é porque é uma pesquisa prática que não se precisa entender da teoria sobre aquele assunto.

Quanto à técnica da pesquisa, Thiollent (1986) dá o nome de seminário, que seriam os momentos em que pesquisadores e participantes se reúnem para examinar e discutir sobre os problemas estudados e, a partir da teoria estudada e de suas experiências, produzem um material que possa ser usado para modificar a ação estudada. Novamente, neste ponto, o autor faz uma importante observação, ao afirmar que, apesar da pesquisa ação buscar a comunicação entre os grupos para solucionar o problema estudado, não se pode fazer isso sem um plano de ação. Isso significa que deve-se estabelecer objetivos e parâmetros bem definidos para elaboração da ação de melhoria. Assim,

Para aplicarem técnicas de pesquisa e de trabalho em grupos, dentro da proposta de pesquisa-ação, é necessário um certo preparo didático. Organizar um seminário de pesquisa não consiste apenas em reunir algumas pessoas ao redor de uma mesa. O trabalho deve ser metodicamente organizado, sob pena de não funcionar. Não basta deixar falar aquelas que falam muito. É preciso, em cada instante, procurar informações pertinentes relacionadas com o assunto focalizado. Há espaço para toda uma aprendizagem de estudo coletiva a ser desenvolvida nas situações de pesquisa. A real aprendizagem das técnicas do trabalho de pesquisa é muito importante (Thiollent, 1986, p. 60).

Assim, a pesquisa-ação está também diretamente vinculada à aprendizagem, uma vez que todos os participantes aprendem de acordo com o desenrolar da pesquisa. Para o autor, é incompatível com a pesquisa-ação pensar que os participantes não sabem de nada e não podem expressar sua opinião, enquanto os pesquisadores são detentores do conhecimento, uma vez que, mesmo que não conheçam a teoria daquele assunto, os participantes têm conhecimento prático de sua vivência. Essa ideia vai ao encontro da perspectiva teórica de Paulo Freire, que discutimos nesta pesquisa, uma vez que para ele, o diálogo igualitário entre os sujeitos gera uma aprendizagem verdadeira e libertadora.

Portanto, para a constituição dos dados desta pesquisa, foi realizada uma atividade de extensão universitária da Universidade Federal de São Carlos, destinada à comunidade interna e externa à UFSCar, de modo a reunir professores atuantes das disciplinas de ciências da natureza da educação básica e alunos dos cursos de Licenciatura em Física, Química e Biologia que tinham interesse em participar e contribuir nessas atividades.

Uma atividade de extensão é aquela que busca unir os eixos ensino, pesquisa e extensão através de atividades voltadas à comunidade, assim pode ser “compreendida como uma atividade acadêmica que pressupõe a integração entre a comunidade universitária e a sociedade, sob formas de programas, projetos, cursos, eventos, publicações entre outras” (Santos *et al.*, 2016, p. 24). Segundo a Pró-Reitoria de Extensão (ProEx) da UFSCar (2023),

A política de extensão adotada nos últimos anos na UFSCar está comprometida com o fortalecimento da função da Universidade, isto é, produzir, sistematizar e difundir conhecimento, desenvolvendo suas atividades de pesquisa e ensino interligadas com as demandas dos setores externos (vários segmentos da população) por meio de ações de extensão.

Toda a atividade foi desenvolvida segundo a perspectiva de Paulo Freire (2015) sobre atividades de extensão universitária, para a qual é necessário manter um diálogo horizontal entre todos os participantes da atividade, ou seja, todos os participantes, inclusive a mestrande, tiveram voz ativa, podendo sempre expor seus pontos de vista e experiências para fomentar as discussões.

3.1 - Atividades de Comunicação: Extensão Universitária segundo Paulo Freire

Paulo Freire é sem dúvidas um dos autores mais notáveis da área da educação e pedagogia no mundo, estando seu livro mais famoso *Pedagogia do Oprimido* entre os mais lidos mundialmente na área das ciências sociais, além de ser o patrono da educação brasileira.

Paulo acreditava no diálogo como método de apreensão do conhecimento e aumento da consciência cidadã. Defendia que os educandos fossem ouvidos, que exprimissem as suas ideias como exercício democrático e de construção de autonomia, de preparação para a vida. Propunha o diálogo efetivo, crítico, respeitoso, sem que o professor abrisse mão de sua responsabilidade como educador no preparo das aulas e no domínio dos conteúdos. Era contra a educação de uma via só, em que o professor dita aulas e o aluno escuta, o primeiro sabe e o segundo não sabe, um é sujeito e o outro objeto, como detalhou em *Pedagogia do oprimido*. Para ele, todos tinham que aportar neste processo de diálogo, assim como todos aprendem em qualquer processo educativo (Haddad, 2019, p. 146).

Assim, as ideias de Paulo Freire são fortemente estudadas até hoje. Como essa pesquisa foi desenvolvida a partir de uma atividade de extensão como fonte de constituição dos dados, uma das ideias de Freire mais importantes para nós, é sua teoria sobre atividades de extensão universitária, declaradas em seu livro *Extensão ou comunicação?*. Publicado pela primeira vez em seu exílio no Chile, em 1968, no qual o autor faz uma crítica ao processo de extensão, ao analisar a vivência de um agrônomo que vai à campo lidar com os camponeses.

Primeiramente, em seu livro, Paulo Freire define o termo *extensão* como a ação de estender algo a alguém, isto é, uma situação na qual alguém estende algo e o outro recebe, como no caso da extensão universitária, na qual se estende o conhecimento produzido na universidade à comunidade. Portanto, para o autor, é impossível dissociar a ideia de *extensão* de *transmissão*.

Com isso, o autor afirma que a prática da *extensão* não corresponde às suas ideias de educação libertadora, na qual deve-se buscar a conscientização dos sujeitos, uma vez que tem por ideais substituir um conhecimento por outro. Na realidade,

Educar e educar-se, na prática da liberdade, não é estender algo desde a 'sede do saber' até a 'sede da ignorância' para 'salvar', [...] ao contrário, educar e educar-se, na prática da liberdade, é a tarefa daqueles que sabem que poucos sabem - por isso sabem que sabem algo e podem assim chegar a saber mais - em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem, para que estes, transformando seu pensar que nada sabem em saber que poucos sabem, possam igualmente saber mais (Freire, 2021, p. 25).

Assim, para um educador que “se recusa à ‘domesticação’ dos homens, sua tarefa corresponde ao conceito de *comunicação*, não *extensão*” (Freire, 2021, p. 23, grifos do autor). Logo, é importante ressaltar que, em uma atividade de extensão, não se deve buscar substituir os conhecimentos dos participantes pelos conhecimentos produzidos dentro da universidade, deve-se, no entanto, permitir que os indivíduos tomem consciência de sua realidade e se posicionem em relação ao mundo, evitando assim uma invasão cultural.

Desse modo, Freire discute a importância da problematização dos conhecimentos a serem discutidos, afinal, o saber científico partiu de uma problematização que levou os cientistas a investigarem sobre ele. Por que a educação seria diferente? “É preciso que se discuta o significado deste achado científico; a dimensão histórica do saber, sua inserção no tempo, sua instrumentalidade. E tudo isso é tema de indagação, de diálogo” (Freire, 2021, p. 66). Com isso, o autor afirma que a problematização dos conhecimentos gera curiosidade, que levará as pessoas a buscar novos conhecimentos, superando a ideia de educação como depósito de conteúdos prontos e acabados. Assim, “a educação é comunicação, é diálogo, na medida em que não é a transferência de saber, mas um encontro de sujeitos interlocutores que buscam a significação do significado” (Freire, 2021, p. 89).

Outros importantes autores também defendem a importância do diálogo no ensino, como a autora norte-americana bell hooks. Fortemente inspirada pelas ideias de Freire, hooks (2020) afirma que os professores precisam aprender a valorizar a presença de seus alunos, uma vez que todos contribuem e influenciam na dinâmica da sala de aula, criando assim comunidades de aprendizado. Além disso, para a autora

A prática do diálogo é um dos meios mais simples com que nós, como professores, acadêmicos e pensadores críticos, podemos começar a cruzar as fronteiras, as barreiras que podem ser ou não erguidas pela raça, pelo gênero, pela classe social, pela reputação profissional ou por um sem-número de outras diferenças (hooks, 2020, p. 174).

Portanto, nossa atividade de extensão universitária será chamada a partir deste momento de *atividade de comunicação*, uma vez que, para nós, o intuito desta atividade é, a partir do diálogo com os professores atuantes e os professores de ciências em formação, entender as potencialidades da temática cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica no ensino de ciências e como esta pode contribuir para um ensino voltado à justiça social.

3.2 - A atividade de comunicação

Buscando a indissociabilidade entre Ensino, Pesquisa e Extensão, eixos centrais das atividades de extensão universitária, esta atividade de comunicação buscou reunir alunos do campus à comunidade externa de professores de ciências da rede básica de ensino, de modo a promover discussões sobre Ensino de Ciências, a partir da vivência acadêmica interna da UFSCar, com a experiência profissional da rede básica de ensino trazida pela comunidade externa.

A atividade de comunicação foi oferecida como um curso para professores de ciências atuantes da rede básica de ensino e alunos de Licenciatura em Física, Química e Biologia da UFSCar - Campus Araras sobre questões sociocientíficas (QSC) no ensino de ciências, a partir de encontros presenciais, nos quais foram debatidas teorias sobre QSC na educação a partir da temática cana-de-açúcar. Apesar da atividade ter sido elaborada e realizada no formato de um curso de atualização, não utilizaremos a denominação de *aula* e sim de *encontro*, uma vez que, baseados em Freire (2021), entendemos que nesses encontros o conhecimento não foi transmitido, mas sim alcançado em conjunto com todos os participantes.

Para tanto, foram realizados 6 encontros presenciais no campus da universidade, tendo cada um deles duração de 4 horas e periodicidade de 1 encontro por semana. Para inscrição nesta atividade, foi disponibilizado um formulário eletrônico através do Google Forms, no qual constavam todas as informações sobre os encontros e seus propósitos para esta pesquisa. O formulário de inscrição foi divulgado no campus da UFSCar Araras por meio de panfletos colocados nos quadros de avisos, além da divulgação pelos canais entre os estudantes. Quanto a divulgação externa ao campus, esta foi realizada exclusivamente através das redes sociais. Os interessados conseguiam acessar o link do formulário disponível nas divulgações, ler as informações e se inscrever de forma gratuita e voluntária.

Como a atividade de comunicação foi voltada para discussões e coleta de dados desta pesquisa, só poderiam participar da atividade pessoas que aceitaram participar da pesquisa. Essa informação estava disponível nos panfletos de divulgação e no formulário de inscrição. Esse requisito também foi reafirmado no primeiro encontro presencial da atividade de comunicação, no qual foram entregues e assinados os Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo para uso de Imagem e Som, bem como foi esclarecido que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética de Pesquisas do Brasil. Caso algum inscrito presente não quisesse participar da pesquisa, poderia se retirar da atividade de comunicação

sem nenhum prejuízo acadêmico ou profissional. Devido a necessidade da gravação dos encontros para transcrição dos áudios, não era possível participar da atividade de comunicação sem aceitar a participação na pesquisa.

A atividade de comunicação teve carga horária total de 40 horas, sendo essas divididas em 6 encontros presenciais com duração de 4 horas cada, as demais horas foram distribuídas em leituras e aprofundamento teórico e atividades assíncronas. Os encontros foram gravados para posterior transcrição das falas dos participantes, para tal foi necessário que os participantes assinassem o TCLE e o Termo para Uso de Imagem e Som, ambos aprovados no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)⁴. Ao final da atividade de comunicação, os participantes tiveram direito a um certificado de participação emitido pela UFSCar. O cronograma de execução da atividade de comunicação está disponível no Apêndice A desta pesquisa. Abaixo, serão descritos os participantes da pesquisa de forma anônima e como foram realizados os encontros. A pesquisadora também será descrita como uma participante da pesquisa.

3.2.1 - Os participantes

Ao todo, se inscreveram através do formulário, 13 pessoas, sendo alguns professores da rede básica de ensino e alguns alunos de licenciatura da UFSCar Araras. Porém, ao iniciarmos a comunicação pelos e-mails informados pelos participantes, houve pouca resposta. Assim, a atividade de comunicação iniciou no dia 02 de setembro de 2023 com cinco (5) participantes, além da pesquisadora. Como forma de manter o anonimato dos participantes, de acordo com o estabelecido pelo Comitê de Ética de Pesquisas do Brasil, daremos uma denominação fictícia para cada participante, baseados nos genótipos da cana-de-açúcar mais plantados no Brasil da espécie *Saccharum officinarum*, espécie mais produzida no Brasil, que são Riscada, Roxa, Cristalina, Manteiga, Caiana e Preta.

A participante Riscada é a única professora atuante da rede básica de ensino a participar da atividade até o final. Licenciada em Biologia e Mestre em Educação em Ciências e Matemática, atualmente é professora em duas escolas da rede privada de ensino no interior do estado de São Paulo, com aulas de biologia, ciências, robótica e programação.

Roxa é recém-formada no curso de Licenciatura em Física. Tem experiência na atuação como professora no cursinho pré-vestibular da UFSCar, o UFSCurso, porém atualmente está fora da sala de aula. Pretende iniciar o mestrado em Educação em Ciências e

⁴CAAE: 67794623.2.0000.5504. Número do Parecer: 5.988.652.

Matemática no próximo ano. Infelizmente, devido a problemas pessoais, a participante Roxa só esteve presente nos dois primeiros encontros da atividade, portanto não finalizou sua sequência didática.

Os participantes Cristalina e Manteiga são uma aluna e um aluno do curso de Licenciatura em Física, respectivamente. Manteiga está no décimo (10º) perfil do curso, já tendo atuado como professora no UFSCurso e em um projeto de reforço para alunos da rede pública de ensino. Enquanto Cristalina está no último semestre do curso e trabalha atualmente em uma indústria no interior de São Paulo. Cristalina possui experiência no ramo industrial e contribuiu bastante com nossas discussões, principalmente pensando na parte de produção de açúcar e etanol. Sua experiência com a docência se deu em seus estágios obrigatórios atuando no ensino médio e educação de jovens e adultos (EJA) da rede pública de ensino.

Já o participante Caiana é Licenciado em Física, está fazendo mestrado em Educação em Ciências e Matemática, já atuou na rede privada de ensino, com aulas de física, matemática e programação, e atualmente é bolsista do programa de mestrado.

Por fim, como a pesquisadora também se enquadra como participante desta pesquisa, utilizaremos a denominação fictícia de Preta para suas falas, utilizando assim os nomes dos seis principais genótipos da cana-de-açúcar produzidos no Brasil.

3.2.2 - Os encontros da atividade

Encontro 1:

Este primeiro encontro com os participantes da atividade de comunicação tinha como objetivos o alinhamento das ideias do curso, desta pesquisa e, principalmente, a apresentação da turma. Inicialmente, foi realizada uma breve apresentação de cada participante, sobre sua formação, atuação profissional e suas expectativas quanto a esse curso.

Logo após, a pesquisadora apresentou os objetivos desta pesquisa, para que todos entendessem do que se trata e o que espera-se com os dados constituídos. Também foram apresentados aos participantes os objetivos educacionais da atividade de comunicação, uma vez que se trata de um curso. Além disso, apresentamos a teoria de Paulo Freire sobre extensão universitária, para que todos entendessem a importância da participação e do diálogo igualitário durante os encontros.

Também utilizamos esse primeiro encontro para alinhar os dias e horários para a realização dos demais encontros, ficando decidido entre todos que aconteceriam aos sábados, a partir das 9 horas da manhã.

Além disso, foi apresentado o cronograma do curso, bem como as leituras utilizadas como bibliografia básica para as discussões, sendo a primeira, capítulo um do livro “Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas”, denominado “Realçando o papel da ética e da política na Educação Científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre Questões Sociocientíficas” de Derek Hodson. Com o intuito de fomentar as discussões nos encontros, separamos os participantes de modo que a cada semana, uma pessoa fizesse uma síntese do texto lido para iniciar a discussão.

Por fim, além da leitura para a próxima aula, foi apresentado o primeiro exercício assíncrono desta atividade: a elaboração de uma narrativa auto biográfica, conforme sugerido por bell hooks (2020). Segundo a autora, além da importância do falar e se sentir ouvido, uma atividade como essa traz a oportunidade de toda a turma ouvir a perspectiva dos demais, fortalecendo a capacidade de aprender juntos a partir das experiências narradas pela turma. Além disso, alguns participantes tendem a ser mais tímidos e participar menos das discussões. Propondo uma atividade como esta, todos os participantes são levados a fazer ao menos uma contribuição verbal ao grupo, de modo que sua presença seja reconhecida pelos colegas. Assim,

Visto que esse exercício transforma a sala de aula num espaço onde a experiência é valorizada, não negada nem considerada sem significado, os alunos parecem menos tendentes a fazer do relato da experiência um lugar onde competem pela voz, se é que de fato essa competição está acontecendo. Na nossa sala de aula, os alunos em geral não sentem a necessidade de competir, pois o conceito da voz privilegiada da autoridade é construído pela nossa prática crítica coletiva (hooks, 2020, p. 115).

Portanto, foi solicitado que cada participante elaborasse uma narrativa auto biográfica sobre sua formação, sua experiência acadêmica e profissional, além de suas expectativas para seu futuro profissional. Essas narrativas foram lidas no encontro 2, antes de iniciarmos a discussão do texto proposto.

Encontro 2:

Iniciamos o segundo encontro da atividade com a leitura das narrativas auto biográficas elaboradas. Foi um momento de grande interação, de conversas e risadas que

conseguiu cumprir com seus objetivos de gerar uma interação na qual todos os participantes se sentiram ouvidos e puderam narrar suas experiências, além de ouvir e conhecer os demais. Depois de todos os participantes terem lido o que escreveram e discutirmos a importância dessa atividade, demos início a primeira síntese dos textos propostos.

A primeira leitura foi do texto “Realçando o papel da ética e da política na Educação Científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas” de Derek Hodson, como introdução às QSC. A partir deste texto, apresentado inicialmente por Caiana, foi possível estabelecer diálogos sobre as possibilidades, potencialidades e limitações sobre o uso das QSC no ensino de ciências. Além disso, o texto traz contribuições sobre a importância de discussões de justiça social a partir das QSC, então foi possível estabelecer relações entre os temas.

Para o próximo encontro, foram selecionados dois participantes para preparar uma síntese dos textos selecionados, que deveriam ser lidos por todos os participantes, para darmos continuidade às nossas discussões.

Encontro 3:

O terceiro encontro foi destinado à temática da cana-de-açúcar, iniciando as discussões pela síntese dos dois textos propostos: o artigo “Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar” de Lara Bartocci Liboni e Luciana Oranges Cezarino e um estudo documentado da Embrapa “Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos” elaborado por Carlos Cesar Ronquim. A escolha destes textos se deu devido às diferentes visões da produção de cana-de-açúcar que cada um apresenta, de modo que os participantes pudessem entender todos os aspectos da temática para analisá-la como uma QSC. O primeiro texto foi apresentado por Riscada e o segundo por Cristalina.

Logo após as sínteses iniciais e as discussões a respeito dos textos, fizemos diversas considerações sobre as relações da temática com as QSC e como esta poderia ser trabalhada como uma QSC nas aulas de ciências nas escolas, levando em consideração todos os aspectos apresentados nos textos lidos até esse momento. Além disso, os participantes trouxeram diversas experiências sobre a cana-de-açúcar, uma vez que todos residem no interior de São Paulo, onde a plantação e produção de cana é muito significativa.

Para o próximo encontro, Manteiga deveria preparar uma síntese do texto proposto, que deveria ser lido por todos os participantes para darmos continuidade às nossas discussões.

Encontro 4:

O encontro 4 foi o último encontro de aprofundamento teórico nos conceitos abordados na atividade de comunicação, com discussões a partir do artigo “Educar para a justiça social e ambiental: que questões pensar no contexto do ensino e da formação de professores de ciências?” de Elizandra Rego de Vasconcelos e colaboradores, apresentado por Manteiga, sobre a educação voltada para a justiça social e suas relações com os temas discutidos nos encontros anteriores. Desse modo, neste encontro foi possível abordar todos os conceitos estudados até aqui e buscar estabelecer relação entre eles. Os diálogos nesse encontro foram muito promissores, uma vez que todos se interessaram pelos temas abordados e foi possível observar muitas particularidades da temática para o ensino de ciências, através de diferentes pontos de vista trazidos pelos participantes.

Para o próximo encontro, Preta deveria preparar uma síntese do texto “Uso de agrotóxicos: uma questão sociocientífica para o ensino médio” de Maria Aparecida da Silva Andrade, Nei Nunes-Neto e Rosiléia Oliveira de Almeida para dar início às discussões sobre elaboração de sequências didáticas a partir de QSC.

Encontro 5:

Neste penúltimo encontro, buscamos fazer uma síntese de tudo que foi visto nos encontros anteriores, sobre os conceitos de QSC, sobre a temática da cana-de-açúcar em nossa região e sobre a educação para a justiça social, bem como a maneira como esses temas podem se unir no ensino de ciências.

Assim, foi possível pensar sobre como elaborar uma sequência didática para o ensino de ciências que abranja esses três temas estudados. Para isso, o texto selecionado para este encontro foi a apresentação de uma proposta de sequência didática elaborada para a dissertação de mestrado de uma das autoras sobre uma QSC muito conhecida, o uso de agrotóxicos, na qual os autores escrevem sobre a importância de se trabalhar com QSC no ensino de ciências, além de apresentar ideias para sua utilização em sala de aula. Desse modo, o esperado era que esse texto pudesse auxiliar os participantes a pensar suas sequências didáticas a partir da QSC cana-de-açúcar.

Além do texto previamente selecionado e lido, para auxiliar na elaboração dos passos da sequência didática, foi levado um recorte do texto “Una experiencia educativa sobre la problemática ambiental del agua de los cerros orientales: reflexiones y aportes desde la

escuela” de María Stella Escobar Benítez, Miller Morales y Milena Ruiz Mora, no qual os autores apresentam um relato de experiência sobre a aplicação de uma sequência didática baseada em uma problemática ambiental como uma QSC no ensino de ciências. O recorte escolhido apresenta o modelo pedagógico baseado na Educação CTSA e os passos da sequência didática elaborada pelos autores. O intuito deste texto era apresentar uma sugestão para a elaboração das sequências didáticas.

Encontro 6:

O último encontro da nossa atividade de comunicação foi destinado à apresentação das sequências didáticas elaboradas pelos participantes Riscada, Caiana, Cristalina e Manteiga. As apresentações foram realizadas de forma oral, com todos sentados em roda para debatermos juntos sobre os pontos apresentados. Após as quatro apresentações, ponderamos sobre todas as experiências e conhecimentos que pudemos alcançar juntos em nossos encontros e como estes foram formativos para todos.

3.3 - Metodologia de Análise dos Dados

Para análise de dados, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD), que segundo Moraes e Galiazzi (2011), tem como objetivos compreender os conhecimentos presentes nos textos.

A análise textual discursiva é descrita como um processo que se inicia com uma unitarização em que os textos são separados em unidades de significado. Estas unidades por si mesmas podem gerar outros conjuntos de unidades oriundas da interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador. [...] Depois da realização desta unitarização, que precisa ser feita com intensidade e profundidade, passa-se a fazer a articulação de significados semelhantes em um processo denominado de categorização. Neste processo reúnem-se as unidades de significado semelhantes, podendo gerar vários níveis de categorias de análise. A análise textual discursiva tem no exercício da escrita seu fundamento enquanto ferramenta mediadora na produção de significados e por isso, em processos recursivos, a análise se desloca do empírico para a abstração teórica, que só pode ser alcançada se o pesquisador fizer um movimento intenso de interpretação e produção de argumentos. Este processo todo gera meta-textos analíticos que irão compor os textos interpretativos (Moraes; Galiazzi, 2006, p. 118).

Assim, as gravações dos encontros realizados na atividade de comunicação foram transcritas e analisadas segundo as três etapas da ATD, que explicaremos a seguir.

A primeira etapa, denominada a *desmontagem dos textos*, é a etapa na qual é feita a leitura superficial dos textos e pequenas marcações de significados, isto é, vai-se colorindo o

texto de acordo com as ideias principais encontradas. Após cada encontro de nossa atividade de comunicação, os áudios gravados foram transcritos através da biblioteca *Whisper* do *Python*⁵ e conferidos pessoalmente pela autora, para confirmação das informações. Logo após a transcrição, foi possível realizar uma leitura superficial dos textos, que começou a mostrar alguns significados e relações entre as falas e os conceitos teóricos discutidos nesta pesquisa.

Finalizada a primeira etapa, a segunda é denominada *estabelecimento de relações*. Nesta etapa, deve-se construir relações entre os textos e categorizar, ou seja, unir os significados em comum de todas as partes do texto. Após o segundo encontro da atividade de comunicação, já foi possível perceber algumas relações nas discussões com o referencial teórico deste trabalho. Assim, demos início a nossa categorização a partir das relações estabelecidas, formulando assim três categorias a posteriori, ou seja, após as leituras, sendo elas o *papel político do ensino de ciências e das questões sociocientíficas, possibilidades e limitações das questões sociocientíficas no ensino de ciências e as controvérsias da cana-de-açúcar*. Também elaboramos uma categoria à priori, isto é, formulada antes do início das leituras, na qual serão analisadas as sequências didáticas elaboradas pelos participantes ao final da atividade de comunicação, denominada *três dimensões de conteúdos a partir da temática cana-de-açúcar*.

Por fim, na terceira etapa, *a captação do novo emergente*, deve-se buscar compreender os significados presentes nas categorias criadas e compreender os elementos ali presentes. Essa etapa também pode ser chamada de metatexto, isto é, a escrita dos significados encontrados nos textos anteriores gerando um novo texto. O metatexto com as análises desta pesquisa será apresentado na próxima seção.

⁵ Conjunto de ferramentas que tem como finalidade transcrever áudios por meio de uma inteligência artificial.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS

Após a leitura dos textos produzidos a partir da transcrição dos áudios, foi possível perceber algumas relações entre os conceitos discutidos durante a atividade de comunicação com o referencial teórico desta pesquisa, a fim de contemplar nosso objetivo de analisar quais são as potencialidades da temática da cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica (QSC) para ensino de ciências voltado para a justiça social, a partir de uma atividade de extensão universitária com professores e futuros professores de ciências.

Assim, estabelecemos quatro categorias para nossas análises, que serão exploradas adiante, sendo elas *o papel político do ensino de ciências e das questões sociocientíficas, possibilidades e limitações das questões sociocientíficas no ensino de ciências, as controvérsias da cana-de-açúcar e três dimensões de conteúdos a partir da temática cana-de-açúcar*. O quadro abaixo mostra uma sintetização dos significados explorados no texto abaixo em cada categoria, de modo a situar o leitor sobre as principais características destas.

Quadro 2: Sintetização dos significados das categorias formuladas.

Categoria	Significados
O papel político do ensino de ciências e das questões sociocientíficas	Categoria na qual reunimos os relatos dos participantes a respeito do papel político do ensino de ciências e sua importância para um ensino cujos objetivos são a formação de um cidadão consciente e crítico, social e ambientalmente.
Possibilidades e limitações das questões sociocientíficas no ensino de ciências	Categoria na qual foram apresentados os relatos dos participantes sobre as principais dificuldades e limitações para utilização das QSC nas salas de aula, bem como estas podem contribuir para o ensino de ciências.
As controvérsias da cana-de-açúcar	Categoria que reuniu as principais discussões entre os participantes a respeito da temática cana-de-açúcar como uma QSC.
Três dimensões de conteúdos a partir da temática cana-de-açúcar	Categoria formulada à priori a fim de sintetizar as características das sequências didáticas

	elaboradas pelos autores a partir das dimensões conceitual, procedimental e atitudinal dos conteúdos.
--	---

Fonte: Elaborado pela autora.

4.1 - Categoria O papel político do ensino de ciências e das questões sociocientíficas

Entendemos, a partir de nossos referenciais, que educação é um ato político, uma vez que deve sempre buscar a formação cidadã crítica frente à sociedade que vivemos, em busca de maior justiça e equidade social, nos baseando em Paulo Freire.

Hodson (2018) fala sobre a importância de envolver os estudantes em questões políticas a partir de questões sociocientíficas (QSC), uma vez que prepará-los para a ação desde a sua formação, vai gerar cidadãos mais conscientes e críticos, tanto social quanto ambientalmente.

O autor reforça que não existe educação neutra. Segundo ele, quando os professores decidem evitar esse tipo de discussão em suas aulas, eles deixam de enfrentar e desafiar as causas sociopolíticas, dando apoio implícito à ideologia dominante. Ou seja, “evitar questões políticas é, com efeito, deixar tais questões para que outros decidam” (Hodson, 2018, p. 53). Percebemos nas falas dos participantes que esses também entendem esse papel político do ensino de ciências, apesar das limitações que encontram em sala de aula, como podemos ver a seguir:

Preta: Na época das eleições de 2018, eu fui proibida de falar de política na escola. Eu não posso mais falar de política.

Riscada: Eu falei da Marielle⁶ e não podia.

Caiana: Mas o que de política? Porque política teoricamente não pode falar...

Preta: Eu não posso falar de política, tipo... Induzir eles a votar. Mas quando está falando coisas sobre universidade pública, que está tendo um ataque à universidade pública, sim, eu posso falar: “Pessoal, não é bem assim. Eu tenho experiência em universidade pública”. Mas não posso falar.

Riscada: E se acontecer uma situação de xingarem um outro aluno na minha aula usando política, eu tenho que explicar sobre isso. Um aluno meu já virou e falou no meio da aula “ah seu petista”, xingando, pra ofender. E aí eu falei assim: “pra mim isso não é xingamento. E se você quiser, eu te explico o porquê”. E antes de estar no segundo turno,

⁶ Caso Marielle Franco, vereadora assassinada em 2018 no Rio de Janeiro.

porque eu sou a favor. E aí, eu li a carta da Nature⁷. Então não é só eu que estou contra Bolsonaro. É ciência contra Bolsonaro. E isso foi na época que era o Haddad concorrendo com Bolsonaro. E Bolsonaro ganhou. Você acha que não fui repreendida? É. Eu falei, mas aconteceu na minha aula. Então se eles não querem ouvir, eles que não falem na minha aula. Eu não vou ficar quieta. E aí eu trouxe base científica. Eu estou com pessoas, eu não estou sozinha falando o que eu estou falando.

Preta: E aí se eles começarem a falar coisas do tipo, a universidade pública, que teve muito, né? O que faz a universidade pública? “Eles não fazem nada, gastam dinheiro da gente”, temos que parar a aula e discutir sobre isso, sim! E outra coisa, que a gente tem que fazer uma pausa quando fala sobre auxílio, principalmente contra Bolsa-Família...

Riscada: E as pessoas não entendem atualmente o que é falar de política. Porque as pessoas ficam achando que é de partido e que a gente está doutrinando as crianças para ir para um determinado partido, e não é isso que ele fala. Quando ele fala de política, é porque é escolha e viver é um ato político porque você está escolhendo.

Caiana: Acho a educação é totalmente travada para um contexto de vestibular, para essas coisas. Mas a gente sabe que precisa ser transformada, que precisa ser uma educação de esforço ativo, ao longo da vida, crítico e politizado. Então isso é muito importante, crítico e politizado, não em questão de partidarismo, mas sim de política. Que transforme e transcende as fronteiras da sala de aula e das escolas. A gente esquece de pensar também que até nas próprias políticas públicas BNCC [Base Nacional Comum Curricular], PCN [Parâmetros Curriculares Nacionais] indica que a escola cria um cidadão. Ela ajuda a criar um cidadão. E a gente não esquece, a gente para de pensar que as crianças são cidadãos, elas criam cidadãos críticos, elas aperfeiçoam todo o percurso da vida. Então eu acredito que essa parte que é muito verdadeira, que a escola precisa ser transformada para um esforço ativo ao longo da vida, crítico e politizado.

Riscada: Mas eu... Mas aí eu tenho uma crítica porque Freire fala que a educação é política. Quando você fala que ela é apolítica, não é você está... Porque ser humano é escolher, e toda vez que você escolhe, você está sendo político. Você está escolhendo uma coisa em detrimento de outra. E a hora que você está ensinando, você está fazendo escolhas. Pode não estar fazendo ativamente, só que você também está sendo político, porque aí você só não está fazendo de forma consciente, mas você está indo de acordo com alguém que está mandando você fazer daquele jeito. E você está fazendo. E aí, eu acho que é até pior, que você não está ativamente escolhendo aquilo ou sabendo porque você está fazendo daquele jeito. Então é... Mas ela não deixa de ser política. Ela é política. Ela sempre foi, a única coisa é que ela era passiva ou bancária. Ela tem que deixar de ser bancária, se a gente quer uma educação do futuro.

Como podemos ver nos relatos acima, no atual contexto brasileiro, as pessoas tendem a confundir *política* com *partidos políticos*. É importante ressaltar que entendemos a política como um processo de diálogo crítico e conscientização, nos baseando em Freire, assim como Riscada coloca.

Desse modo, segundo Paulo Freire (2019, 2021, 2023), a política na educação está relacionada à capacidade de as pessoas compreenderem criticamente o mundo em que vivem,

⁷ Publicação da revista Nature Sustainability, em formato de carta, sobre a situação atual do cerrado com propostas para reverter o seu cenário de devastação.

questionarem as estruturas de poder injustas e se envolverem na transformação social. Sua abordagem enfatizava a importância da conscientização, do diálogo, da participação cidadã e da ação coletiva como elementos centrais da educação política e da busca por uma sociedade mais justa e igualitária.

Portanto, para nós, quando Riscada afirma que viver é um ato político, percebemos que houve um entendimento do que realmente é política no âmbito da tomada de decisão, bem como seu entendimento do papel da educação. Outra importante colocação dos participantes pode ser observada a seguir:

Caiana: Tem que trabalhar política na escola, não tem como. Uma coisa que eu não vejo mais na escola, não tem grêmio. E tem que ter, porque é uma ação política e você tem que começar a política desde novinho, entender, cara, “porque que eu vou voltar naquele grêmio porque ele tem ideias melhores” e você começa a criticar mas não tem isso mais nas escolas. Eu vejo muito pouco.

Riscada: Até na faculdade é diluído ou não entende a importância de votar no representante discente. Falar quem quer, “vai você”, “você vai”... então pronto, vão se livrando porque tem que ter um representante discente.

Caiana: Mas eu vejo assim, que o sistema está o sistema se moldou tão bem contra isso que é muito difícil superar....

Caiana relata a importância do grêmio estudantil, que desempenha um papel importante na vida escolar, pois representa os interesses e as vozes dos estudantes dentro das instituições de ensino, além de promover a participação cidadã e criar um ambiente escolar mais inclusivo e envolvente. Quando os estudantes participam do grêmio estudantil, eles têm uma vivência política, pois esse oferece oportunidades para desenvolver habilidades de liderança, negociação, organização e comunicação. Essas são habilidades valiosas para um cidadão crítico.

No ensino superior isso também pode ocorrer, como observado por Riscada, a partir da representação discente, que atua como um elo de comunicação entre os estudantes e a administração acadêmica. O representante discente trabalha para garantir que as vozes dos estudantes sejam ouvidas, que seus direitos sejam protegidos e que a experiência acadêmica seja a mais enriquecedora possível. Ou seja, eles desempenham um papel político crítico para a promoção dos interesses e bem-estar dos estudantes do ensino superior, assim como o grêmio estudantil nas escolas.

Porém, existem outras diversas maneiras de promover um ensino crítico e político aos estudantes, sendo uma delas a utilização de discussões a partir de QSC. Apoiados em nosso referencial, entendemos que as QSC envolvem discussões sobre valores, ética e tomada de

decisões políticas. Portanto, percebemos que os participantes têm esse entendimento quanto às discussões políticas, favorecendo a abordagem com QSC, como podemos ver nos relatos a seguir.

Caiana: A gente tem que ter cuidado quando a gente traz uma questão sociocientífica, porque assim nós fazemos a criança pensar. E aí quando você fez a criança pensar, você deu uma “arma” para ela. O governo não quer que você tenha essas “armas”. Então a gente acaba não usando isso na escola e muitas vezes nem na formação de professor.

Cristalina: [Estamos formando] uma massa sem pensamento crítico. E a gente vai continuar nessa, porque é bom para esse sistema, é ótimo. Que classe política quer que o eleitor pense?

Preta: Essa é uma coisa que Paulo Freire já falava há vários anos, que o maior perigo para o governo é o cidadão que pensa.

Caiana: E sem contar que a ciência é extremamente influenciada pela política, pelo capitalismo, pelo sistema governamental, pela economia, extremamente!

Cristalina: Você pode ver que quando teve guerras, foi quando teve o maior “boom” científico.

Caiana: E aí, a gente traz de novo, né? Que isso são questões sociocientíficas. Por exemplo, desenvolvimento de armas. Foi uma das maiores épocas que a gente teve desenvolvimento científico, na segunda guerra mundial [...] Os avanços científicos que tiveram durante a segunda guerra mundial e guerra fria como a invenção do microondas, aferição de pressão, a corrida espacial... Um monte de coisas como o raio-x, GPS. Até a anatomia e fisiologia humana.

Preta: Até algumas vacinas foram desenvolvidas durante as guerras, principalmente na segunda.

Nos relatos anteriores, percebemos que os participantes entendem a necessidade de se trabalhar QSC na sala de aula como maneira de promover um ensino de ciências político e crítico, até mesmo no olhar que os estudantes têm das ciências. É importante ressaltar que o desenvolvimento científico está fortemente ligado à questões políticas.

Outra informação importante percebida nas falas dos participantes sobre essa formação cidadã crítica do ensino de ciências, foi em relação aos noticiários e propagandas disseminadas pela mídia.

Preta: Lembra da época do álcool em gel na pandemia, quando estava em falta de álcool em gel? E aí estava falando na televisão que era só misturar o gel de cabelo com o álcool líquido que você tem em casa. Eu tive que discutir com a minha avó, porque ela viu isso na televisão e na hora do desespero, do medo, da desinformação, ela comprou o gel de cabelo e pegou o álcool para misturar e disse que ia “ficar segura”. E aí a gente tem que se perguntar: será que as pessoas em geral têm esse senso de parar para pensar naquilo que viu na televisão? Ninguém tem que ser os entendedores do álcool em gel, mas tem que entender que podem ver aquilo e parar para pensar, pesquisar, ver se isso faz sentido, antes de simplesmente sair acreditando.

Riscada: Tiveram vários que incomodaram, porque tem o do termômetro, que na propaganda do governo, era na escola medindo no punho. E na escola, eu falei, “não mede no punho não adianta nada”. Primeiro que febre não é um sintoma que todo mundo tem. E segundo que no punho, você está com a temperatura mais baixa. Se você estiver com a temperatura de febre no punho, é porque você está com 40 graus, você está delirando já, você não está nem em pé, entrando nos estabelecimentos. As pessoas acreditam no que viram na TV e não vão atrás de pesquisar ou mesmo de perguntar para alguém que entenda mais sobre aquele assunto.

Preta: Então, é isso! Era eles olharem para uma notícia e saber julgar e falar “eu posso pesquisar, eu não preciso acreditar nisso aqui de primeira”. Ter um senso crítico mesmo.

Riscada: Acho que isso é o mais legal das QSC. É provocar nos estudantes que eles podem ser críticos e que eles podem tirar conclusões, eles podem pesquisar, eles podem ir atrás do conhecimento. Isso torna o ensino de ciências muito mais legal!

Ao observar os relatos acima, percebemos uma outra característica do senso político do ensino de ciências, o saber lidar com conteúdos de desinformação e anti científicos, principalmente relatados pela mídia. Selles e Vilela (2020) ao discorrerem sobre a importância do ensino de ciências em tempos de negacionismo científico, afirmam que os atuais movimentos conspiratórios contra as ciências, podem ser interpretados como uma estratégia de manipulação da opinião pública a favor da estrutura dominante, o que agrava ainda mais as desigualdades e injustiças sociais.

Segundo as autoras, a utilização de temáticas controversas, não apenas mobilizam um posicionamento crítico dos estudantes, mas também geram uma mobilização a favor dos conteúdos científicos abordados. Assim, para as autoras, o engajamento político no ensino de ciências pode empoderar os estudantes na defesa contra a alienação do negacionismo, e favorecer as tomadas de decisões fundamentadas em questões científicas e sociais.

Em suma, o papel político das QSC no ensino de ciências emerge como uma estratégia vital para vencer os movimentos anticientíficos. Ao conectar a ciência com as realidades sociais e políticas, essa abordagem promove uma compreensão mais profunda da ciência, incentivando a participação cidadã e contribuindo para a construção de uma sociedade mais informada e resiliente diante dos desafios contemporâneos.

Desse modo, percebemos um entendimento da dimensão política das QSC por parte dos participantes, entendendo como a compreensão aprofundada das relações entre ciência e sociedade pode empoderar os indivíduos a participarem ativamente do processo democrático. A discussão e o envolvimento com QSC também podem servir como um antídoto eficaz contra discursos anti científicos, promovendo uma cultura de respeito pela evidência científica e pela vida.

O fato das QSC serem entendidas por todos os participantes como um importante elemento da formação crítica dos estudantes, nos mostra que o papel político proposto por Hodson (2018) foi entendido e pode vir a ser vivenciado por esses participantes, quando estes atuarem em suas salas de aula. Além disso, como vimos ao longo deste trabalho, Freire (2023) afirmava que o papel da educação é superar a atitude de acomodação frente às informações. Sendo assim, entendemos, junto com os participantes da pesquisa, o quanto o ensino de ciências é importante para que os estudantes saibam lidar de maneira crítica e política com as notícias e informações presentes na mídia.

4.2 - Categoria Possibilidades e limitações das questões sociocientíficas no ensino de ciências

A necessidade de renovação do ensino de ciências não é um assunto novo. Cachapuz *et al.* (2005) já falavam sobre os problemas enfrentados nas aulas de ciências das escolas, a partir das visões deformadas de ciências que são transmitidas aos alunos. A saber: visão descontextualizada, individualista e elitista, concepção empírico-indutivista e atórica, rígida, algorítmica e infalível, aproblemática e ahistórica, exclusivamente analítica, acumulativa e de crescimento linear.

A partir das discussões propostas na atividade de comunicação, foi possível reconhecer o entendimento dos participantes sobre essas visões limitadas das ciências, da maneira como estão sendo trabalhadas nas escolas e possibilidades de como superá-las frente a um ensino mais crítico e contextualizado.

Manteiga: Uma parte do texto que eu li fala sobre a adoção da educação em detrimento do ensino, que eu achei bem interessante. Então, ele diz que a educação é a formação e o desenvolvimento do ser humano, e o ensino, muitas vezes, é só passar o conhecimento, coisa que a gente tem muito atualmente. Acho importante a gente falar sobre isso de oferecer o protagonismo para o aluno, de tirar o aluno desse papel de “eu só estou observando como as coisas estão acontecendo e o professor vem aqui na sala fala, fala, fala como são as coisas do mundo, mas depois eu vou para casa e ponto, acaba”. Tirar ele desse lugar e falar “olha você também explora, você também vive nesse mundo”. E realmente a gente vai fazer dele o protagonista da sua educação, com participação ativa e colaborativa, que pode resultar numa aprendizagem mais crítica.

Preta: As vezes fazer uma atividade interdisciplinar, que é mais didática, que vai mover o aluno para questões de justiça social, de formação do cidadão crítico, é isso. Eu acredito que esse é o papel do ensino de ciências.

Podemos notar nos relatos acima, que os professores participantes da atividade percebem a necessidade de uma renovação do ensino de ciências segregado em matérias e descontextualizado, criticado à anos, mas ainda presente nas escolas.

Desde sua época, Freire (2019), ao argumentar sua visão sobre a educação, propõe uma pedagogia libertadora e a necessidade de uma abordagem mais contextualizada e humanizadora no processo educativo. O autor criticava a *educação bancária*, na qual o conhecimento é depositado passivamente nos alunos, e defendia uma *educação problematizadora*, que envolve diálogo, reflexão crítica e uma abordagem mais integrada do conhecimento. Nesse contexto, ele aborda a descontextualização do saber e a fragmentação do conhecimento em disciplinas isoladas como elementos que contribuem para uma educação alienante. Assim, os participantes compartilham dessa visão ao controverter a necessidade de contextualização e interdisciplinaridade, principalmente entre as ciências, de modo que seja possível engajar os alunos em temas pertinentes à sua realidade, capacitando-os para participar ativamente na transformação social.

Além disso, outra interessante contribuição foi em relação ao uso de filmes no ensino. Riscada e Manteiga frequentemente falavam sobre algum filme que abordava questões sociais, econômicas ou ambientais em escolas e que poderiam ser utilizados na sala de aula, porém quase nenhum dos filmes citados aconteciam em aulas de ciências, a maioria eram atividades propostas por professores de filosofia ou história.

Preta: *Eu posso puxar e fazer uma crítica? Todos os filmes que vocês estão falando, são professores de história ou de filosofia. São ótimos né, esse “A onda” mesmo é um, mas ainda tem essa visão de que discussões sociais não são função do professor de ciências, deixa pro professor de história, professor de filosofia...*

Cristalina: *Tem um chamado “Las leyes de la termodinámica”. É de 2018, tem na Netflix também. Ele é um professor de física, mas não está muito ligado a uma problemática. Realmente, se parar para pensar, a parte social não é o foco do filme. Mas do filme você pode extrair a problemática de gordofobia, de uma sociedade machista, tem um monte de coisa. Mas assim, é um romance espanhol que fala das leis de Newton de uma forma mais simples, trazendo pro cotidiano.*

Caiana: *Uma coisa para pensar quando a gente assiste um filme romantizado que tem um professor de física ou um cientista, a gente romantiza o negócio e no filme é lindo, o cara resolve os problemas do mundo só usando conta, trancado na casa ou na sala dele, sozinho. Só que isso distancia tanto o aluno da realidade das ciências. E aí o cara fala “nossa, um físico, um cientista, um químico, é um nerd de alto nível, eu nunca vou conseguir me enxergar nessa vida”. Isso distancia demais, porque geralmente a criança fala “não, isso é muito difícil”.*

Cristalina: *Aí cria aquele estereótipo do nerd louco e descabelado, isolado né.*

Conforme o relato de Caiana acima, percebemos que os próprios filmes relatam os cientistas de maneira estereotipada e enganosa, afastando-os ainda mais da realidade dos estudantes. Assim, durante a atividade de comunicação, foi possível percebermos esse distanciamento entre a realidade das ciências e a forma como ela chega aos estudantes. Todavia, os participantes conseguiram perceber várias maneiras de superar essa visão deformada das ciências e como o ensino de ciências pode contribuir, não apenas para explicar conceitos científicos, mas também em questões sociais e na tomada de decisão dos estudantes.

Caiana: O negócio interessante das QSC, que de fato, é diferente de ACT [Alfabetização Científica e Tecnológica] é que ela está mais ligada em estudar literalmente o conceito científico, o conhecimento em si. E as QSC não, elas abordam os conceitos científicos sim, mas está mais focada em debater socialmente com os conceitos da ciência. E aí, isso daí leva a criticidade, né? Então, muitas vezes, você nem precisa entender tudo do assunto em si, mas você tem que ter o conceito mais ou menos ali na cabeça, pra daí você correr atrás de uma forma crítica, né? E poder identificar o certo ou errado perante o seu julgamento e aprender sobre aquele assunto.

Preta: É que os seus objetivos são diferentes né. As QSC não esquecem da parte de ciências. Tem que envolver conceitos científicos, mas não necessariamente o foco é você ensinar o conceito científico pro aluno, fazendo fórmulas na lousa. Aí vai mais pra alfabetização científica. A questão sociocientífica vai ser mais essa tomada de decisão, o senso crítico, envolver em ação sociopolítica.

Também percebemos que, frequentemente, essas visões deformadas das ciências são motivadas pelos materiais didáticos apostilados, cadernos do aluno, ou até mesmo provas de avaliação de rendimento escolar, como o Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP) e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), como mostram os trechos a seguir:

Preta: Frequentemente, nós tratamos as crianças como se fossem uns robozinhos, né? Eles não têm o direito de falar o que gostam. E eles precisam dessa conversa, dessa interação nas aulas.

Riscada: Mas o problema é que eu vejo, é isso, a gente muitas vezes não faz pela cobrança de conteúdo que a gente tem que ter. E quando às vezes a gente faz, muitas vezes eu paro a aula pra falar sobre o vestibular, porque eles estão nervosos com isso, de carreira. Aí tem aluno que acha que a gente tá enrolando.

Caiana: Eu vejo isso muito nos conteúdos de física. Que a gente trabalha simplesmente fórmulas, quando a gente passa a apostila [...] a gente perde o valor do nosso trabalho. Perde totalmente o direito de cátedra.

Além disso, os participantes relataram que muitas vezes os próprios colegas professores ou os estudantes não estão abertos a abordagens diferentes daquelas que estão acostumados.

Riscada: O conteúdo em si, vindo com o material apostilado, tem muito professor que agradece, né? Porque, aí, não tem o que pensar, apenas seguir a programação. Eu acho que engessa tanto nosso trabalho e aí é isso que não deixa a gente ser professor. Porque a gente

não seleciona a ordem do que a gente quer trabalhar. Na justificativa do porquê que eu quero essa ordem, engessa muito.

Manteiga: E aí vem de novo a parte da formação dos professores, que atualmente está bem defasada, com as exigências do mundo que a gente está realmente falando aqui. Os professores não dão conta dessas atividades e ainda muitos não querem dar conta, só querem passar o conteúdo mesmo e ir para casa e ponto. Muitos deles nem estão se importando realmente com o aprendizado, então isso é um grande problema. A gente já está com essa de os alunos saírem da escola sem aprender quase nada porque os professores que estão lá não estão querendo. Então a gente tem que formar professores bons e fazer essa atualização dos professores que estão na escola, para deixar eles mais motivados.

Riscada: E sim, existem muitos professores que não querem! O que eu escuto de professor que reclama de aluno que vem querer questionar alguma coisa... Eu sempre falo “é democrático isso, que bom que ele está questionando. Pode não ser aquilo que você está gostando de ouvir, mas que bom que ele está falando. Então tenta ouvir o que ele está falando e daí você pode tentar melhorar”. Alguns professores não estão nem aí para o que o aluno fala. E tem muito professor que é aquela coisa também, nossa profissão exige atualização. Toda profissão você tem que se manter atualizado! O que eu vejo o professor falando “eu não quero aprender mais nada, eu quero fazer só com o que eu já sei”. Para mim parar de estudar, de aprender, é acabar com a educação.

Nos relatos acima percebemos que os participantes fazem referência à situações nas quais os próprios colegas professores tendem a barrar um ensino dialógico e contextualizado, uma vez que isso requer constantes atualizações profissionais. Isso nos remete aos pontos colocados por Freire (2016) em relação a princípios e orientações que podem nortear a atuação dos professores.

Assim, para o autor, existem algumas exigências à prática docente, como (1) a compreensão do diálogo como algo essencial, ou seja, ele enfatiza a importância do diálogo como elemento central na relação professor-aluno, para que o conhecimento seja construído de maneira colaborativa; (2) respeito à identidade dos alunos, na qual os professores devem compreender as diferentes realidades de vida dos estudantes e integrar essas experiências no processo educacional; (3) promoção da curiosidade e da criticidade, isto é, prática docente deve estimular a curiosidade intelectual dos alunos e desenvolver neles uma consciência crítica. Isso significa ir além da simples transmissão de conteúdos, incentivando a reflexão e a análise crítica da realidade; (4) valorização dos saberes dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, como forma de contribuir para a construção de uma educação mais contextualizada e significativa; (5) compromisso ético e político: isso implica promover uma educação que esteja vinculada à formação cidadã, à justiça social e à transformação da realidade; (6) busca permanente pela formação continuada, ou seja, uma busca constante por aprimoramento e formação continuada, uma vez que a educação é um processo dinâmico, e os educadores precisam estar abertos a novas ideias, métodos e abordagens; (7) contextualização

e significação do conteúdo: a conexão com suas experiências de vida e a aplicação prática do conhecimento são aspectos fundamentais para uma educação mais efetiva; entre outras.

Desse modo, percebemos que uma das exigências à prática docente colocadas por Freire (2016) é uma busca constante por aprimoramento e formação continuada, como indicado por Riscada em nossa atividade. Assim, ao dialogar com Freire, entendemos que a educação como um todo e o ensino de ciências, como nosso caso, deve ser centrados na liberdade, na participação ativa dos alunos e na formação de sujeitos autônomos e críticos, a partir de uma abordagem dialógica, ética e comprometida com a construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

Ainda sobre essa resistência ao abordar o ensino libertador apontada pelos participantes, estes falam sobre a perda de autonomia por parte dos professores quando são forçados a trabalhar com determinadas regras e objetivos, como podemos ver a seguir.

Caiana: Além disso, têm os professores que querem fazer isso hoje e, infelizmente, são barrados por questão de tempo, por questão de conteúdo, ou até mesmo por questão da própria escola, de barrar o professor disso, ou até mesmo os alunos não quererem que o professor opine em outras áreas que não seja especificamente do conteúdo.

Preta: Você perde completamente a sua autonomia.

Riscada: E perde o interesse do aluno. Perde o interesse. Porque muitas vezes o tema que ele quer trabalhar comigo é “câncer”, por exemplo. Porque tá tendo alguém na família que tá com câncer e eu não posso. Porque o câncer pega mal. E eu não falo de câncer, né? Porque de acordo com eles é só sobre mitose e meiose. E depois, lá na hora da mutação, usa agentes mutagênicos. [...] E é isso, cada turma é uma turma. E se você vai por interesse pessoal, você pode aprofundar mais uma área numa turma e mais na outra turma. E é pessoal, então você não teria um material a seguir, mas vários de consulta. Que você ora usa esse, ora usa aquele. Você pode montar uma apostilinha sua de base. Mas que daí o aprofundamento fica a seu critério em qual momento fazer. Mas não existe isso. [...] Quando eu entrei na escola, mandaram eu ler e mandar os alunos grifarem. Não era para eu fazer mais resumo, porque os alunos não estavam entendendo nada do que eu falava...

Riscada trabalha na rede privada de ensino, então pôde contribuir muito com as discussões a respeito desse engessamento causado pelas redes particulares que buscam apenas a formação dos alunos para a entrada nas universidades públicas, ou seja, para passar pelas provas de vestibular e ENEM. Percebemos nas falas dela que, em vários momentos, ela foi repreendida pela escola por *sair fora* do conteúdo programado, como podemos ver a seguir:

Riscada: Nossa, muito isso. Eu vivi absurdamente isso. Trava muito a aula. E na época da pandemia... Eu fui repreendida ao falar da Covid-19. Nossa! E eu sou professora de biologia. “Mas o Covid é uma mentira”. [...] e quando eu falei da Marielle, me xingaram! Me repreenderam por falar dela. Ela foi assassinada! E aí, eu sou professora de biologia. O que mais mata a mulher no nosso país é o quê? Quem lembra do feminicídio se a gente não fala dele? Mas não, não..

Preta: Eu diria que isso até afasta mais ainda a gente da universidade. Porque você não tem autonomia de procurar outras fontes... Tem trabalhos muito bons que são publicados em congressos e em revistas. Mas você não pode pegar e trazer para sua sala de aula. [...] Às vezes, não é falta de vontade do professor. É que o material dele não colabora...

Entendemos aqui a perda de autonomia dos professores frente a essas questões, que tornaram o ensino básico um comércio, acima de tudo. Ainda em relação às visões deformadas do ensino de ciências, podemos perceber que os participantes relataram a questão individualista e elitista das ciências quando ensinadas nas escolas, como exposto por Cachapuz *et al.* (2005):

Podemos recordar que uma visão individualista e elitista da ciência, por exemplo, apoia implicitamente a ideia empirista de ‘descobrimento’ e contribui, além disso a uma leitura descontextualizada, socialmente neutra da actividade científica (realizada por ‘génios solitários’). Do mesmo modo, para citar outro exemplo, uma visão rígida, algorítmica, exacta da ciência reforça uma interpretação acumulativa, linear, do desenvolvimento científico, ignorando as crises e as revoluções científicas (p. 52).

Caiana: Pelo menos na minha época de escola, acho que hoje já está mudando um pouco, mas na minha época de escola, quando os professores traziam todos os “gênios” da física, matemática, da arte [...] a gente endeusa eles e fala “Nossa! Ele descobriu aquilo do dia para a noite, ele fez tudo sozinho” e quando a gente vê que é mentira. Não foi sozinho e nem à toa.

Preta: Tem um livro que fala sobre isso com Isaac Newton. Ele foi maravilhoso para a física, mas ele foi criado por pais de classe média alta que investiram na formação dele para ele ser cientista, então ele tinha dinheiro, estudo, laboratórios.. Ele tinha a oportunidade, ele tinha tudo, ele só aproveitou. Mas também não fez tudo sozinho.

Caiana: É que nem a primeira vez que falaram pra mim de Thomas Edison, o cara descobriu a lâmpada, não sei o quê e tal, aí depois depois passaram um texto pra mim de Thomas Edison e aí você descobre que de verdade, ele era um baita de um mercenário, fora que ele roubou a pesquisa ele roubou um monte de pesquisa do Tesla, quase que ele afunda o Tesla. Na verdade, a briga dos dois também envolveu interesses políticos...

Preta: parafraseando Hodson, “a ciência é produto do seu tempo e lugar”. Ou seja, a ciência não é neutra, não, ela é totalmente influenciada pela sociedade. Sem contar que as grandes descobertas que chegam até os conteúdos escolares foram feitas por quem? Homens brancos de classe média alta.

Caiana: Mas é porque na época eram essas as pessoas que podiam estudar, eram as pessoas que podiam, que tinham trabalho, que tinham dinheiro... aí vai falar que é neutra?

Logo, podemos perceber um entendimento por parte dos professores e futuros professores sobre a não-neutralidade da ciência, o quanto eles entendem da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade. Portanto, entendemos aqui a importância desses conceitos base da Educação CTSA serem levados às salas de aula de ciências, para que essa visão descontextualizada seja superada.

Outro ponto importante que foi possível perceber através de nossa atividade de comunicação, foi o relato de que muitas vezes, os cursos de licenciatura não são suficientes para romper com essas visões deformadas, limitando a atuação dos futuros professores.

Caiana: E a formação do físico? O físico é muito engraçado! Ele não sai da caixinha... Tem que sentar e pensar mesmo... E falar, cara, como que eu vou trabalhar aqui com esse assunto de física?

Preta: Mas os outros cursos de licenciatura, principalmente biologia têm mais comunicação. No curso de licenciatura em física, quando a gente tava na graduação, eles chamavam as matérias de “específica” e “pedagógica”. Tinha “o professor de física” e “o professor da pedagógica”. Um dizia “você vai sair daqui um físico, então você tem que saber física”, enquanto o outro dizia “não, você vai ser professor de física, você tem que saber como ensinar física”. Tem uma rivalidade muito grande!

Caiana: Então, mas voltando ao assunto do físico. Na moral, eu acho que o físico é muito engessado pra isso. Eu vi muito, aqui mesmo na faculdade. Eu não lembro de nenhuma matéria - e a gente teve várias - abordando algum conceito desse. Ou numa matéria “específica” que tenha trabalhado conceitos de ensino naquela matéria.

Riscada: Ah, mas nas minhas “específicas”, eu também não tive também, não. Que é a minha briga. Que era por isso que eu queria fazer uma pesquisa de formação continuada para professores universitários, que trabalham com formação de professores. Porque na cabeça deles, os que são da “área específica”, só fazer um seminário, apresentar um seminário já é ensinar como dar aula.

Preta: É, aí vem assim, né. Você vai ser professor, e quando você chegar na escola, infelizmente ou felizmente, você vai dar aula daquela matéria. Você tem que saber ensinar aquela matéria. Mas aí a matéria “pedagógica” não vai focar em ensinar matéria “específica”, E a matéria “específica”, não vai te ensinar a ensiná-la. Então, qual a realidade da formação de professores que a gente tem hoje?

Podemos relacionar os trechos acima com as ideias de Contreras (2002) que, em seu livro, fala sobre a autonomia e a formação de professores. O autor controverte o conceito de autonomia dos professores, ao afirmar que a autonomia não é apenas um *slogan*, mas que consiste na consciência sobre o papel do professor no contexto humano e social da realidade escolar. Assim, a formação de professores, para o autor, deve fornecer os recursos necessários para que os futuros professores possam compreender os valores éticos e morais do ensino e sua responsabilidade com as próximas gerações, uma vez que os professores desempenham um papel fundamental na promoção de valores democráticos, igualdade e justiça social por meio da educação.

Não obstante, em sua obra, Contreras (2002) discute a importância da autonomia como um elemento crucial na prática docente. A racionalidade crítica, no contexto educacional, muitas vezes se refere à capacidade de os professores refletirem de maneira crítica sobre suas práticas, questionarem pressupostos, buscarem constantemente aprimoramento e, em última

análise, agirem com autonomia e discernimento. Portanto, no âmbito da autonomia docente, o autor aborda questões relacionadas à liberdade profissional, à capacidade de os professores tomarem decisões pedagógicas fundamentadas, levando em consideração o contexto específico em que trabalham. Isso pode incluir a liberdade de escolher métodos de ensino, adaptar o currículo às necessidades dos alunos, e participar ativamente no processo de tomada de decisões na escola.

Freire e Shor (2021) também discutem sobre a autonomia dos professores. Os autores reconhecem a influência do contexto histórico e social na prática docente, destacando como fatores externos, como políticas educacionais e estruturas sociais, podem impactar a autonomia do professor. Em sua obra, enfatizam a importância do diálogo entre professores e alunos, bem como entre os próprios professores, como base para a construção de uma comunidade de aprendizagem colaborativa.

O ceticismo e o olhar crítico, o envolvimento apaixonado com a aprendizagem... a motivação de saber que você está descobrindo novos territórios. O professor precisa ser um aprendiz ativo e cético na sala de aula, que convida os estudantes a serem curiosos e críticos... e criativos (Freire; Shor, 2021, p. 24).

A reflexão crítica é considerada pelos autores como um componente essencial da autonomia. Professores são encorajados a questionar constantemente as práticas tradicionais, a examinar as relações de poder na sala de aula e a buscar formas de envolver os alunos de maneira mais significativa. Concomitantemente, reconhecem que essa busca por autonomia pode enfrentar desafios e conflitos, especialmente quando confronta estruturas autoritárias ou tradicionais no sistema educacional. Os autores afirmam que “esse risco da punição constrange muitos professores. Eles se sentem mais seguros tornando-se ‘membros do clube’ e continuando a dar aulas expositivas a partir do conhecimento oficial” (Freire; Shor, 2021, p. 79). Todavia, os autores afirmam que os professores engajados com a transformação aprendem a lidar com esses desafios e incorporar, mesmo que aos poucos, pedagogias libertadoras para suas aulas.

Assim, a autonomia, segundo Freire e Shor (2021), está intrinsecamente ligada à humanização do processo educativo e ao empoderamento tanto dos professores quanto dos alunos, elementos perceptíveis nas falas dos participantes. Para nós, em concordância com os autores, a educação é vista como um ato político capaz de transformar as relações sociais e contribuir para a construção de uma sociedade mais justa.

Logo, os relatos dos participantes apresentam elementos de concordância com as ideias de Freire e Shor (2021) e Contreras, ao entenderem a importância da formação inicial e continuada para professores de ciências.

Além disso, percebemos que existem diversas limitações ao tentar trabalhar uma educação libertadora, porém os professores participantes de nossa atividade de comunicação têm consciência desses entraves e de seus papéis individuais e coletivos para superação dessa atitude de acomodação. Adicionalmente, percebem diversas possibilidades de aplicações para os conceitos da Educação CTSA e a utilização de QSC no ensino de ciências, de modo a promover um ensino de qualidade, visando uma sociedade mais justa e igualitária, ambientalmente sustentável e com ênfase em ações sociopolíticas.

4.3 - Categoria As controvérsias da cana-de-açúcar

Ao dar início à leitura das transcrições dos áudios para nossas análises, percebemos a necessidade da formulação de uma categoria que conversasse com nosso referencial teórico quanto a temática da cana-de-açúcar e suas potencialidades como uma QSC. Assim, nesta categoria, buscamos unir os elementos colocados pelos participantes da pesquisa que nos permitem apresentar a cana-de-açúcar como uma QSC, em comunhão com alguns autores já citados, como Ratcliffe e Grace (2003), Conrado e Nunes-Neto (2018), Martínez-Pérez (2010), entre outros. Começaremos mostrando as primeiras reações que os participantes da atividade de comunicação tiveram ao começarmos a discutir sobre a temática:

Manteiga: Eu achei bem... eu descobri umas coisas que eu não imaginava, sabe? Eu sinto que eu tinha meio que esse preconceito com a cana-de-açúcar, que é tipo, só coisa ruim, só poluição, e aí eu descobri que nem precisa de água para irrigar a plantação de cana, e eu achei bem interessante, sabe? Abrir um pouco meus olhos assim, porque eu era bem tipo, ah não, só tem coisa ruim, e aí eu percebi que não é só assim, tem os dois lados.

Preta: Muito legal, né? Eu também tinha essa visão pessimista da cana inicialmente. Aí quando eu fui começar a pesquisar, eu falei, não, pera, para que seja uma questão sociocientífica, não pode ser só uma coisa ruim, tem que controverter. Aí fui me aprofundar em leituras sobre o que tem de bom e o que tem de ruim. É muito legal, tudo que tem, né? A questão da bioenergia que a gente não vê, a biomassa, que a gente não para pra pensar, mas, poxa vida, olha a solução aí pra um dos problemas muito graves que a gente tem, que é o uso desenfreado de combustíveis fósseis, poluição e tudo mais. Mas também tem coisas ruins, tem a parte social dos empregos, que ainda são subempregos, monocultura... tem bastante coisa pra gente discutir.

Cristalina: Posso só falar uma coisa pra complementar? Essa parte, porque na realidade a minha vida profissional sempre esteve muito ligada a parte de cana-de-açúcar, embora eu trabalhasse ainda em São Paulo. Quando eu estagiei eu entrei numa empresa que

começou a fazer bombas centrífugas, o mercado principal dela era o de açúcar e álcool. Quando as usinas eram de proprietários, não era um grande grupo como é hoje, né? Empresas familiares. E com a crise do petróleo em 1973, que foi um problema seríssimo, que foi a época que o PEP começou a dominar o mundo, esse plano do proálcool que surgiu na época, ele já surgiu com uma opção pra você ficar menos dependente de petróleo. O Brasil não tinha exploração de petróleo, nem se imaginava a exploração em campos no mar, né? E isso gerou uma demanda tecnológica muito grande no desenvolvimento de produtos necessários para a transformação da cana-de-açúcar, que já existia como açúcar, mas principalmente em álcool. Então a minha vida profissional, eu comecei desenvolvendo laboratório para teste de bomba centrífuga na época, e eu tinha que ver muitos exemplos de aplicação, então eu saía da fábrica, eu ia pra dentro de uma usina, fiz muito isso aqui nas usinas, na região de Piracicaba, então houve um “boom” tecnológico necessário por causa da necessidade de se criar um combustível alternativo. Então o começo da minha vida profissional foi muito ligado à cana-de-açúcar, não diretamente, indiretamente, desenvolvendo alguns produtos, então é legal estar estudando essa parte controversa dela.

É interessante perceber que a cana-de-açúcar, direta ou indiretamente, faz parte da realidade de todos os participantes desta pesquisa, uma vez que esta aconteceu dentro do estado de São Paulo, maior produtor sucroalcooleiro do Brasil. Isso já nos faz referência a um dos pontos colocados por Ratcliffe e Grace (2003), discutidos teoricamente no item 2.4, que fala sobre a relevância da abordagem de temas locais e comuns aos estudantes.

Além disso, trabalhar com essas temáticas locais é importante para a formação dos sujeitos que agem em suas comunidades. Souza e Gahlen (2017), ao analisar os trabalhos publicados no ENPEC sobre QSC, perceberam que poucos autores utilizam e defendem a necessidade de temáticas locais, o que pode caracterizar um distanciamento teórico das QSC dos temas relevantes da América Latina, assim como apontado também por Lopes (2013) e Santos (2017).

Não obstante, em pesquisas anteriores, em concordância com Souza e Gahlen (2017), identificamos que poucos trabalhos sobre QSC tem levado questões locais para discussões no ensino de ciências. Ao fazer um levantamento das temáticas publicadas em artigos dos últimos 5 anos, percebemos que os autores têm levado às salas de aula de ciências assuntos globais muito importantes, como alimentos transgênicos, aquecimento global, bioética, entre outras. Porém, poucos autores se dedicam a apresentar uma QSC a partir de uma temática local aos estudantes, como a cana-de-açúcar. Assim, há uma necessidade de aprofundamento em questões locais no campo da Educação CTSA e das QSC, a fim de estreitar os laços entre o ensino de ciências e a realidade dos estudantes em suas comunidades (Gomes; Lopes, 2023)⁸.

⁸ Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/92833>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2024.

Ademais, Ratcliff e Grace (2003) também discutem sobre a base do conhecimento científico e as considerações ambientais e de desenvolvimento sustentável que devem ser analisados dentro das QSC, que também foram citados pelos participantes, quando controvertem a temática a partir de questões ambientais, como podemos ver a seguir.

Riscada: Na verdade, a gente tem um problema em relação à agricultura em si. Então quando a gente vai pro tema de agricultura, a cana tem baixo impacto na água, por exemplo,, mas é da parte do ramo da agricultura. Então não tem como, mesmo na hora de realizar, de você fazer o etanol, ele vai com água. Então não tem como, na hora de você produzir alguma coisa, você vai ter consumo de água. Você pode não ter consumo na plantação, mas o depois vai usar. Tem isso, que aí as pessoas não tocaram no assunto.

Caiana: Na questão da água, acho que o mais impactante de contraponto, é justamente o fato não da plantação, e sim da produção das commodities a respeito disso, que é o etanol e o açúcar. Porque o açúcar usa muita água para produzir ele, até na parte de limpeza dele, que você tem que colocar os ácidos junto, fazer a limpeza do açúcar. E também na produção do álcool, porque a gente esquece que tem todo o maquinário por trás, que também precisa ser limpo, e nisso vai água. Então tem todo esse custo aí por trás da indústria. Então a indústria da parte de açúcar, não é só uma indústria agro, ela também é uma indústria mecanizada, produz açúcar, produz álcool, mas também tem toda essa parte, né? A gente não pode esquecer disso, não é só a plantação.

Riscada: Outro ponto é o impacto da biodiversidade, né? E do uso do solo. Porque, em comparação com outras plantações, a cana não é a que mais desmata no nosso país [...] Mas ainda tem um problema político e da nossa legislação. Porque a nossa legislação no direito do meio ambiente e da conservação do meio ambiente, o cerrado está previsto, né? Para a conservação. Não são todos os biomas que estão. Mas o cerrado está. Só que não é todo cerrado, é só o cerradão. Na legislação, se você está falando que está preservando o cerrado, não, você está preservando a mata ciliar. E era para ser já direito do cerrado, que é onde tem mais arborícola, era para ter muito mais conservação. Então isso é uma problemática muito grande! E sem contar o desmatamento da Mata Atlântica né. Ela [a cana-de-açúcar] foi a primeira culpada da devastação, ainda que atualmente ela não é a mais culpada.

Preta: E não vamos esquecer a questão da monocultura, que é muito grande no Brasil. Porque, assim, dá pra plantar milho, dá pra plantar outras plantas na entressafra, isso é legal pro solo. Beleza, mas ninguém faz! Se a gente passa na entressafra, você vê aquele pasto vazio. Na safra, cana. Entressafra, vazio. Não tem, não existe rotação de culturas. Então a cana permite que se faça isso. Então porque não faz?

Cristalina: Mas também tem aquilo que né, foi desmatado para a soja ou para a cana, por exemplo, mas elas também trabalham fazendo absorção de CO₂ e liberando oxigênio. O problema é quando você queima a cana, porque você joga mais carbono na atmosfera. Agora, e esse balanço? Será que aquilo que ela produz, ela é auto suficiente para aquilo que depois ela põe? Então, não é só aquilo que você gera de impacto quando você faz a queima, mas também, ela também tem uma função de também fazer essa absorção de CO₂. Então, o que impacta mais?

Percebemos que a questão da queimada da palha da cana, também discutida em nossa pesquisa, aparece naturalmente nas falas dos participantes, sendo, ainda, um dos impactos negativos mais fortes das plantações de cana-de-açúcar que poderiam ser explorados em sala

de aula. Além disso, a questão da queimada está diretamente ligada à mecanização, fato que também foi explorado pelos participantes.

Cristalina: E é interessante porque na época que se podia fazer a queima, existia toda uma técnica para que ele não se espalhasse para outros campos que não tivessem a cana, vamos dizer, no ponto correto de fazer. Então, esse manejo eles têm a tecnologia e é isso que continuam fazendo. Aqui, “espontaneamente” pegou fogo, mas não vai chegar lá. Você não vê um incêndio descontrolado. É sempre controlado.

Riscada: E a mecanização... Por um lado ela acaba com a queimada e aí pro ambiente é bem melhor, né? Pros animais e tudo mais. Só que ao mesmo tempo a máquina ainda pode atropelar algum bicho, causar estresse por causa do barulho que ela faz e ainda compactar o solo. Então acaba com o solo a hora que ela tá andando.

Cristalina: E uma coisa que a gente via muito também, porque na realidade é muito importante frisar isso. Eu sei lá, gosto de observar tudo.... E quando você via uma região queimada, aí você via as áreas de preservação permanente. E elas frequentemente sofriam com essas queimadas. Então, mata ciliar, que às vezes eu vejo algumas indo daqui para Leme, que levou mais de cinco, seis anos, que nós temos um período de estiagem muito grande aqui. Então queima tudo. Então isso é um problema muito sério. Então essa eliminação de queimada, ela diminuiu tudo isso [...] Além disso, se queimava a palha para proteger os “bóia fria”⁹, sabe? Contra o animal peçonhento, a própria palha. Era perigoso para ele. Era uma atividade no sol, extenuante, desgastante, e ele tinha um risco físico muito grande. Então se fazia essa queimada, né? Porque você faz uma degradação do meio ambiente para eliminar uma incalculável espécie de fauna nativa para poder fazer o corte, né? Insectos, mamíferos, podendo também atingir a flora nativa. E pensar que a partir do momento que você não tem essa palha, ela começa a proteger o solo também. Então eu, com a queimada, com a eliminação da queimada, melhor dizendo, eu vejo muito aspecto positivo. Eu acho que a cana-de-açúcar como fonte renovável de energia é muito válida. Só que isso gerou o aspecto principal negativo, que é o desemprego na área agrícola. Inclusive, eu procurei até para ver se existia alguma coisa para trazer aqui. A gente não escuta mais falar “bóia fria”.

Caiana: Mas o maior problema é que não tem fiscalização, você tem a retirada dos empregos desses trabalhadores para a entrada das máquinas. E o que faz com esses empregos? Ninguém se responsabilizou. E querendo ou não, o governo sabe dessas mudanças, ele sabe o que está sendo implementado em tecnologia, quando há compra de equipamento, quando vêm empresa no Brasil, ele sabe por que está vindo. Então ele tem noção disso. Então dá pra eles prevenirem que vai ter uma alteração e fazer dar oportunidade de emprego para as outras pessoas, ou dar capacitação, ou preparar ela pra algum outro tipo de coisa. E o maior problema nisso é justamente a fiscalização. Não tem, cara! E querendo ou não, a indústria vai pensar sempre no dinheiro primeiro. Então se tem que fazer a rotação, com certeza teria que ter uma fiscalização, teria que ter uma auditoria.

Cristalina: Voltando nisso aí, né, o corte de cana é o mais aviltante dos empregados assalariados do negócio canavieiro. Óbvio. A remuneração por produtividade, que é aquilo que você falou, leva o trabalhador até a total exaustão física e psíquica. Além de sua própria natureza, o trabalho desenvolvido por ser extremamente tenso e desgastante, as condições

⁹ O termo *bóia-fria* era designado aos cortadores de cana-de-açúcar que executavam trabalhos desgastante e extenuantes, sem a obtenção de vínculos empregatícios. A expressão *boia-fria* surgiu devido à sua alimentação, pois como eles saíam para o trabalho de madrugada e já levavam suas marmitas de comida, sem meios para esquentá-las, eles ingeriam a comida fria durante o dia.

impostas pela remuneração atrelada à produtividade, têm levado muitos trabalhadores a ficar gravemente doentes. Eu vejo realmente como a mecanização, que se pesar tudo, ela foi muito importante. Até porque está acabando com o trabalho, que eu não vou dizer que ele era escravo, porque a pessoa estava lá “livremente”, mas era a única condição que ela tinha de levar um dinheiro, levar uma condição de vida melhor para a família dela.

Manteiga: Eu achei esse ponto bem interessante, assim, porque pra mim eu acho que a parte mais sociocientífica que tem, na minha opinião, é essa parte do trabalho, né, do emprego, porque acho que tem essa parte de se for mecanizado, tiro o trabalho, mas se for manual, é, tipo, condições horríveis.

É importante reforçarmos que essas questões sobre trabalho e mecanização do corte da cana-de-açúcar também podem ser considerados em concordância com os tópicos propostos por Ratcliffe e Grace (2003), quando as autoras falam sobre a importância das temáticas sociocientíficas possuírem discussões de valores éticos e morais, conhecimentos de probabilidade e risco, além de serem assuntos recentes. Portanto, quando os participantes percebem a importância da discussão desses assuntos referentes à temática proposta, é possível perceber não apenas sua relevância, mas também suas possibilidades para o ensino de ciências voltado para discussões de cunho social.

Também podemos perceber que os participantes relacionaram a temática da cana-de-açúcar com outras QSC já conhecidas e estudadas, como o uso de agrotóxicos por Lopes (2013).

Cristalina: Eu escutava muito na época que o solo ia se tornar muito ácido, porque se jogava a vinhaça diretamente no solo, então essa era uma das preocupações. Com relação a agrotóxico, ou defensivo agrícola, eu particularmente, eu não vejo isso como um grande vilão. Já estou colocando uma situação contrária aqui. Porque se você pensar em população mundial, alimentação da população, desenvolvimento de produtividade, eu também nunca vi, pode ser que exista, mas também nunca me interessei em procurar algum trabalho que realmente mostre, trabalhar com soja geneticamente modificada é um problema por causa disso. Ou fazer usar os defensivos na quantidade que você tem traz uma contaminação ao solo, ou ao lençol freático, quer dizer, eu não sei se existe algum estudo que realmente comprove que isso é um grande problema. Que é um problema, é lógico, você está jogando veneno. Mas qual o impacto disso? Então eu realmente não sei. Eu não sei. Eu realmente não sei. Mas eu acho que são questões, como você falou da primeira leitura, não é dizer o que é certo ou errado. Então eu acho que certo para um, errado para o outro, mas eu acho que a comprovação científica tem que ser buscada para poder trazer resposta para isso.

Riscada: Ai um comentário do que você falou, tem estudo do problema do agrotóxico, principalmente nas abelhas. Na alteração que ela faz na estrutura do cérebro, por exemplo, e até as plantas ficam tão tóxicas que ela não identifica mais a glicose que você oferece para ela. Ai ela não estende a probóscide, então ela não abre a boquinha para comer. Ela morre de fome mesmo, porque ela não identifica mais a comida. Então o grande problema do agrotóxico não é para a planta em si, é para os outros seres. E aí, eu não sou contrária ao agrotóxico. Eu sou contrária ao que é feito no Brasil, tanto de uso que a gente faz, sem, por conta da gente, não trabalhar com, por conta de trabalhar com latifúndio, na verdade, e de monocultura, que é o grande impacto. Porque daí você depende muito desses agrotóxicos

para garantir a sobrevivência. E aí que está o problema, porque se a gente fizesse uma cultura com rotação, com agrofloresta, a gente diminui o uso. E diminuir é bom. Eu não sou contrária, porque tem alimento que não vai para frente, se a gente deixar sem agrotóxico. Mas é entender que ele é um agrotóxico e fazer o uso correto dele, não do jeito que a gente faz.

Nos relatos acima, percebemos que Cristalina e Riscada apresentam diferentes pontos de vista e opiniões sobre o uso dos agrotóxicos e que, juntos, podem expor suas opiniões e debater sobre um posicionamento em relação a esse assunto, cada um a partir de suas vivências, outro ponto explorado por Ratcliffe e Grace (2003) para as QSC.

A questão sociocientífica dos agrotóxicos não é a única que pode ser percebida a partir das discussões com os participantes, outras temáticas como segurança alimentar, trabalho infantil, modificação genética, alimentos transgênicos, entre outras aparecem em alguns momentos das discussões, o que reforça ainda mais as potencialidades da cana-de-açúcar como uma QSC.

Cristalina: Vamos resumir. Por tudo que discutimos, eu vejo economia, sustentabilidade, mudanças climáticas e efeito estufa, trabalho social, pesquisa científica, políticas públicas, segurança alimentar, migração e miscigenação. Essas são apenas algumas QSC associadas à produção do uso da cana-de-açúcar e a abordagem adequada a essas questões depende de considerações científicas e econômicas sociais, ou seja, muita coisa para a sala de aula.

Riscada: Eu vejo que ela está muito atrelada ao tema de energia, e também está muito atrelada a história do nosso país, e também está muito atrelada à melhoramento genético... E aí tem a questão de comparação de energia, da molécula de petróleo e a da gasolina, em comparação ao do álcool... Então é muita coisa!

Caiana: Eu acho interessante que a questão sociocientífica, se a gente pegar ela, no âmbito de contexto geral, ela tem uma questão de justiça social que eu acredito ser muito importante. Porque ela conversa com todos os outros pontos. Então, quando a gente vai falando de várias questões dentro da temática, por exemplo, de cana-de-açúcar, a gente inicia plantação de cana, agrotóxicos, aí depois a gente já vai para a mecanização. Aí depois da mecanização, a gente já entende que tem um sistema político nisso aí. [...] é potencial a gente pensar em fazer com que o aluno saia dali e consiga compreender, na sociedade, como as coisas se ligam, porque elas estão muito ligadas. E aí a gente tem todos esses aspectos que fazem parte da justiça social.

Esse relato de Caiana, aproximando a cana-de-açúcar com a justiça social, tem grande significado para nossa pesquisa, uma vez que mostra o entendimento dos participantes em relação ao compromisso social proposto em abordagens com QSC no ensino de ciências (Hodson, 2018).

Ademais, apesar de todos os pontos negativos da produção sucroalcooleira no país que foram discutidos, não podemos esquecer seu potencial na produção de energia renovável.

Esse assunto também foi amplamente debatidos entre os participantes, dentre outros pontos positivos da produção.

Riscada: E tem a vinhaça também né, que é jogada no solo. Não é ao todo bom, mas é um jeito bom de você usar o subproduto e produzir fertilizantes. Tem também o bagaço, né? Que é na hora que extrai, como ele tem bastante quantidade de fibra, ele pode ser combustível de caldeira. E aí, pode ser, eu não sei, hoje, se ele é utilizado.

Cristalina: É utilizado. É utilizado, sim, e bastante. Na verdade, deixou de ser só alimentação das caldeiras da usina, mas eles também produzem energia elétrica, que depois é colocada no mercado. Então, é, também essa queima, ela gera energia, essa energia é colocada na rede e é distribuída. Na tua casa, de repente, você pode estar usando uma parte de energia que foi gerada. Eles passaram a ser chamados de companhias energéticas. E a razão social mudou porque eles geram energia também. Então, mesmo na época em que eles estão, por exemplo, na entressafra, eles continuam queimando e gerando energia.

Riscada: E até, às vezes, a alimentação de outros seres, você cuida de cavalo, por exemplo, eles adoram comer bagaços da cana, elefante, eles comem cana, então, dá pra você usar também para alimentação de alguns, né, que você cuida. Nisso, você vê que ela é usada completamente, né? Então, isso é bom.

Preta: Essa é uma das vantagens da cana-de-açúcar, né? Dá pra você pegar desde da produção até... O descarte é muito pouco, praticamente não tem. Usa tudo.

Caiana: Falando de energia, recentemente eu estava lendo um fórum de economia e o petróleo já subiu de novo. E a gente está numa tendência de uma nova crise de petróleo. Justamente por conta da Rússia, que também é grande produtora de combustível. E também da Arábia, que entrou em manutenção. Essa manutenção é porque os caras estão sofrendo com algumas sanções também. Então pode ser que a gente comece a recorrer mais ao nosso querido etanol. E o Brasil é o maior produtor de etanol no mundo. Então acaba que a economia vê isso. Então é bem provável que a gente comece a ter mais produção de cana, ainda do que a gente já tem. Só que é um negócio que eu fico muito pensativo. É que assim... se a gente tem tecnologia para produzir cana talvez com mais qualidade, vamos investir nisso, ao invés de desmatar mais solo. É a mesma questão do gado. A gente tem um desperdício grande de muitas outras coisas e continua desmatando para passar gado. Será que não vale a pena a gente parar de desperdiçar em outros pontos da nossa alimentação? Uma questão de cultura, uma questão de incentivo do governo. Então a gente tem tudo isso para analisar.

Cristalina: Enquanto não vier um dinheiro fácil, eles estão fazendo. Então, falta realmente uma política de Estado para realmente ter o álcool, como o etanol, como uma fonte renovável, mas utilizada fortemente. Você vê que sobe a gasolina, preço de commodity e o álcool acompanha. Por quê? Cai o preço do petróleo, cai o preço da gasolina, continua aquela paridade de 70%. Então não é o custo. Não é o custo que está dominando. Se o álcool, se o etanol fosse barato, ninguém ia querer pôr gasolina. Agora estão querendo explorar petróleo na Foz do Amazonas. Está errado, a gente está indo na contramão. Tendo uma fonte renovável de energia que tem os prós e tem os contras. Se você trabalha para eliminar esses contras, você vai ter um ganho em relação a isso. Mas não. Nossa política, quer seja qualquer governo, é investir em petróleo.

Riscada: Tinha incentivo para comprar carro flex. Eu não sei se ainda existe esse incentivo. Não existe mais? Tinha uma porcentagem que valia, você pagava menos pelo carro flex.

A produção de etanol em relação à gasolina apresenta diversos pontos positivos, muitos dos quais estão relacionados a aspectos ambientais, econômicos e de segurança energética, como citado pelos participantes e já discutido ao decorrer desta pesquisa. Apesar disso, é importante notar que, embora haja vantagens na produção de etanol, também existem desafios e considerações críticas, como a competição com a produção de alimentos, o uso responsável da terra e a eficiência energética na produção. O equilíbrio entre os benefícios e os desafios deve ser cuidadosamente considerado na formulação de políticas e estratégias energéticas.

Assim, entramos nas últimas considerações a respeito das controvérsias da cana-de-açúcar exploradas pelos participantes da pesquisa: a questão econômica. Também citados por nossos referenciais (Hodson, 2018; Lopes, 2013; Martínez-Pérez, 2010, entre outros), a questão econômica é fundamental para discussões com QSC, uma vez que podem promover considerações éticas, tomada de decisões e senso sociopolítico nos estudantes. Além disso, a questão econômica levou as discussões para temáticas sobre o capitalismo e questões de justiça social, como veremos a seguir.

Manteiga: E aí com o capitalismo, a gente ainda tem todos os problemas ambientais que a gente já falou semana passada, que são em todas as áreas do ambiente e é realmente muito grave. Então quando a gente pensa sobre o desenvolvimento de uma sociedade, ele tem que ser elevado pela ótica da elevação das oportunidades sociais. Essas oportunidades então seriam trabalho justo, com remuneração justa, a saúde de qualidade, educação de qualidade e eu também diria que é muito importante o lazer. Que eu sinto que é um dos direitos que muitas pessoas esquecem, então a gente sempre fala de educação, que tem que ter mais direito de educação, tem que ter mais acesso ao hospital, mas ninguém fala do lazer. A gente precisa ter um tempo pra descansar também e eu acho isso bem importante. E aí o capitalismo cobra da gente essa eficiência econômica o tempo todo. Mas também tem que ter a equidade social, a conservação ambiental, a justa distribuição dos recursos e o compromisso com as gerações futuras.

Preta: Inclusive, na questão do capitalismo, aquele livro da Nancy Fraser, “Capitalismo em debate”. Ela fala que um dos produtos desvalorizados, mas que é um dos produtos mais valiosos do capitalismo, é a mão de obra feminina. A mulher, o que que a mulher faz? Ela gera o trabalhador de amanhã. E é de graça. Então, olha a questão do feminismo dentro do capitalismo. E se a mulher, todas as mulheres falam, não vamos mais ter filhos, quem vai trabalhar amanhã? Como o capitalismo vai ficar? Quem que vai ter que ser a mãe? Não, sozinho.

Cristalina: A coisa mais comum que você vê (nos EUA), fora das grandes cidades, é aquelas mulheres com três, quatro filhos. Elas estão fornecendo, elas estão fazendo a parte delas do capitalismo. É muito comum, não é pouco, não. Porque uma coisa é aquilo que você vê nas grandes cidades, mas quando você vai mais para o interior, você percebe muito isso aqui, o negócio que se o filho vai para a guerra, o cara sente que ele está fazendo parte. Então, põe filho para a guerra, põe filho para ser mão de obra para o capital. É isso. Esse pensamento continua vigente ainda.

Manteiga: *Então não tem como falar de qualquer assunto sem citar isso. E aí ele fala que esse sistema traz essa luta competitiva pela existência. E essa supervalorização da individualidade. E isso destrói as relações sociais. E aí eu consegui relacionar bastante com o texto da semana passada que falava que as relações entre quem corta a cana era muito minada... quem tava em cima falava: 'vamos competir, quem cortar mais cana recebe mais' e não dava pra ter uma relação ali. Então isso eu já consegui pegar um pouco. E aí também tem o aumento das desigualdades sociais e ambientais. [...] Dentro da sala de aula, no ambiente escolar e com isso a gente consegue criar sujeitos mais capazes de exercer uma cidadania ativa, que não só faz 'eu sou cidadão', mas realmente exercer essa cidadania e ter esses princípios de justiça, igualdade, equidade e participação.*

Preta: *Acho que um dos pontos mais pesados nisso que a cana-de-açúcar remete é a questão de classe, né? Acho que de classe é o mais fácil com a cana-de-açúcar. Que o texto que a gente leu é o mais fácil de todos. Mas também tem questões de gênero, tem a questão do quem produzia? Eram os homens, enquanto as mulheres ficavam em casa cuidando dos filhos, dos muitos filhos, então tem muita essa questão. E também tem a questão do início da cana. Ela foi totalmente racista. Ela foi, ela subiu no Brasil com a escravização de indígenas e depois com a escravização de negros africanos que vinham pro Brasil. Então tem toda essa questão também*

Cristalina: *É que se você pensar em exploração, você teve a exploração do índice, exploração do meio, depois você teve a exploração da mão de obra. Sim. Tem muita, muita coisa.*

Percebemos que a questão econômica vai além da exploração do capitalismo, mas levou os participantes também à discussões sobre conceitos de raça, classe e gênero, que podem fomentar um ensino de ciências mais humanístico e solidário com todos.

Por fim, antes das apresentações das sequências didáticas analisadas na próxima categoria, os participantes falaram bastante sobre suas perspectivas a respeito das potencialidades da temática cana-de-açúcar como uma QSC e suas contribuições para discussões de justiça social no ensino de ciências, nos auxiliando a alcançar os objetivos desta pesquisa.

Caiana: *Um negócio que eu acho que a cana-de-açúcar tem um potencial muito grande para unir as três coisas, os três pontos, que é fazer uma interdisciplinaridade, acho que ela tem um grande potencial, porque hoje a gente tem conteúdos específicos que não conversam entre si, só que a gente tem um currículo brasileiro, baseado hoje na BNCC, em habilidades e competências, para fugir um pouco do que a gente está baseado só em conhecimento, que nem era, por exemplo, se eu pegasse a PCN, que era baseada em conhecimentos, conteúdos, a BNCC não, é baseado em habilidades e competências. Aí eu pego as habilidades e competências, pego a temática de cana-de-açúcar, e aí com essa temática eu converso sobre a mecanização, posso estimular diálogos sobre a produção de cana-de-açúcar; posso talvez pegar da cana a quantidade de açúcar que é gasto na alimentação, o quanto que ela gera de energia para o corpo humano, fazer uma relação entre biologia, química, a quantidade de energia gasta com física. Se eu juntar tudo isso no tema da cana-de-açúcar, eu consigo debater sociedade, ciência, tecnologia, tudo a partir de uma temática só. Só que aí tem que ter o quê? Tem que ter o esforço da escola, dos professores e até dos alunos.*

Assim, foi possível afirmarmos os pontos discutidos teoricamente nesta pesquisa a respeito da cana-de-açúcar e entender que os professores atuantes no ensino de ciências nas escolas, não apenas entendem, mas veem potencial, na temática explorada, uma vez que apareceram em nossas discussões ideias importantes como consciência de classe, percepção do locus no Brasil diante do mundo como produtor de commodities, exploração e expropriação, entre outras que são elementos fundamentais para formar cidadãos. Além disso, as ideias apresentadas a partir da temática são previstas pela Educação CTSA para sala de aula, visto que são fundamentais para a formação da consciência dos estudantes e demandam uma base sólida na formação dos professores que formarão esses sujeitos.

4.4 - Categoria Três dimensões dos conteúdos a partir da temática cana-de-açúcar

Conrado (2017), apoiada em Coll *et al.* (1992) e Zabala (1998), afirma que existem três dimensões dos conteúdos da educação científica que devem ser articulados para uma adequada Educação CTSA. A saber: a dimensão conceitual, procedimental e atitudinal. A articulação dessas três dimensões permite o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes que são essenciais quando se busca a formação integral dos sujeitos, buscando maior participação social. Assim, a autora reitera que essas dimensões devem ser trabalhadas de maneira conjunta quando se busca a compreensão de um fenômeno complexo de maneira integral. A figura a seguir é um quadro de exemplificação da articulação entre as três dimensões com o uso da QSC agrotóxicos elaborado pela autora.

Figura 7: Exemplos para utilização da articulação entre as três dimensões e as QSC.

ÁREA	Conteúdo	DIMENSÕES		
		Conceituais	Procedimentais	Atitudinais
Ecologia	<i>Biodiversidade</i>	C(<i>eco</i>): conceito de biodiversidade	P(<i>eco</i>): medida de biodiversidade	A(<i>eco</i>): legislação ambiental sobre conservação da biodiversidade
Evolução	<i>Seleção Natural</i>	C(<i>evo</i>): teoria de seleção natural	P(<i>evo</i>): cálculo de frequência alélica	A(<i>evo</i>): uso adequado de agrotóxicos, após reflexão crítica
Ética	<i>Biocentrismo</i>	C(<i>eti</i>): definição de biocentrismo	P(<i>eti</i>): procedimentos de lógica e argumentação	A(<i>eti</i>): reflexão, discussão e ação, segundo ampliação de consideração moral
Fisiologia humana	<i>Ação dos agrotóxicos</i>	C(<i>fis</i>): fatos sobre agrotóxicos no organismo	P(<i>fis</i>): mensuração de resíduos de agrotóxicos	A(<i>fis</i>): discussão sobre valor da vida e direitos humanos
Economia	<i>Valor</i>	C(<i>eno</i>): fatos históricos sobre transações comerciais	P(<i>eno</i>): precificação vs comodificação	A(<i>eno</i>): valorização dos serviços ecossistêmicos afetados pelos agrotóxicos

Fonte: Conrado (2017, p. 106).

Foi possível perceber, durante a realização da atividade de comunicação, essas três dimensões discutidas pela autora nas falas dos participantes, que relacionam a temática da cana-de-açúcar a partir das relações CTSA em busca de uma educação científica integral. Desse modo, propomos três subcategorias nos baseando nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais analisadas por Conrado (2017). A figura a seguir demonstra a relação entre as dimensões de forma a exemplificar a relação entre elas. Logo após, iniciaremos a explicação de cada dimensão, bem como as análises de cada subcategoria de nossa pesquisa.

Figura 8: As três dimensões dos conteúdos escolares e acadêmicos.



Fonte: Conrado (2017, p. 95); Conrado e Nunes-Neto (2018, p. 93).

4.4.1 - Subcategoria Dimensões conceituais dos conteúdos

Segundo Conrado (2017), os conteúdos escolares e acadêmicos muitas vezes são confundidos apenas com conceitos, conhecimentos e informações que devem ser decoradas pelos estudantes. Todavia, esses processos não são suficientes para que haja uma compreensão de tais conhecimentos.

Assim, para a autora, é necessário entender que esses conteúdos são elementos teóricos que possibilitam explicações e previsões dos fatos, porém, para essa compreensão por parte dos estudantes, precisa acontecer uma mobilização em situações concretas e uma articulação de diferentes fatos, conceitos e princípios. Logo, quando se trabalha com QSC no ensino de ciências, deve-se considerar:

Além da possibilidade de estimular o estudante com casos relacionados ao seu contexto, a mobilização de fatos, conceitos, princípios em contextos distintos daquele apresentado no tema (ou no caso particular, no qual se expõe a QSC); a conexão com conhecimentos prévios do estudante; e a quantidade de informações possíveis de se abordar no tempo escolar/acadêmico disponível. É também essencial selecionar conhecimentos científicos relevantes, que estão no cotidiano do estudante; planejar uma estrutura teórica de conteúdos básicos que devem ser alcançados pelos estudantes, ajustando entre o que é específico da QSC, o que é relevante (Conrado, 2017, p. 97).

Desse modo, buscamos apresentar nesta subcategoria, as relações das sequências didáticas elaboradas pelos participantes Riscada, Caiana, Cristalina e Manteiga com as dimensões conceituais de acordo com nosso referencial.

Iniciando por Riscada, ao pensar uma sequência didática interdisciplinar, a participante propôs diferentes conteúdos que podem ser trabalhados em sala de aula a partir da temática cana-de-açúcar em diferentes disciplinas, sendo eles: genética, biotecnologia, saúde e ecologia (em biologia); bioquímica e etanol (em química); energia (em física); interpretação de texto e redação (em português); agricultura, modernização e tecnologia (em geografia) e colonialismo (em história).

Essa sequência apresentada pela participante tinha como objetivos compreender interdisciplinarmente os aspectos sociocientíficos da produção sucroalcooleira no Brasil, a partir dos impactos sociais, ambientais e econômicos. Foi elaborada para ter duração de 8 aulas para o 3º ano do ensino médio. Durante as aulas, Riscada propõe iniciar cada professor individualmente a contextualização da temática de acordo com o conteúdo que será explorado

(como no quadro acima) e ao final, unir todas as disciplinas em atividades e discussões a respeito das interações e dos aspectos sociocientíficos compreendidos.

Já a sequência didática de Caiana, tinha como objetivos analisar os impactos econômicos, sociais e ambientais da cana-de-açúcar quando utilizada como combustível energético alternativo. Para tanto, o participante elaborou uma sequência com 5 aulas para os anos finais do ensino fundamental II, e os conteúdos abordados foram principalmente os conceitos de energia: trabalho e energia, conservação de energia e geração de energia. Além disso, buscando a interdisciplinaridade da temática, ele propõe debates que podem apresentar discussões da natureza biológica e química da cana-de-açúcar.

A sequência de Cristalina, tinha como objetivos compreender o ciclo de vida da cana-de-açúcar, explorar o impacto econômico e ambiental da produção de açúcar e etanol e conhecer a história e a importância cultural da cana-de-açúcar no país e no mundo. Assim, o participante elaborou uma série de assuntos e conteúdos que podem ser trabalhados interdisciplinarmente a partir da temática: economia, sustentabilidade, mudanças climáticas, trabalho e sociedade, pesquisa científica, políticas públicas e segurança alimentar. Para o participante, esta sequência deveria ser trabalhada unindo as disciplinas de ciências da natureza para a turma do 1º ano do ensino médio.

Por fim, a sequência de Manteiga tinha como objetivo compreender os impactos sociais, ambientais e econômicos do cultivo da cana-de-açúcar a partir de sete aulas para os anos finais do ensino fundamental II. Nessas aulas, seriam trabalhados interdisciplinarmente alguns aspectos sociocientíficos da temática como: implementação e desenvolvimento do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, visando englobar aspectos históricos, geográficos e sociais e as consequências ambientais, econômicas e sociais do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil durante os anos, bem como os insumos que podem ser produzidos a partir dela.

Ao observar os conteúdos e conceitos trazidos pelos participantes em suas sequências didáticas, podemos perceber uma forte relação com a Educação CTSA e o entendimento do significado do uso das QSC no ensino de ciências, assim como entendemos no decorrer desta pesquisa, como uma maneira de fomentar a formação cidadã dos estudantes, uma vez que todos os participantes conseguiram relacionar a temática cana-de-açúcar com conteúdos escolares das ciências naturais, mas sem esquecer a importância da interdisciplinaridade, da contextualização e da exploração de diferentes conceitos, não segregando as disciplinas e conteúdos de forma mecanizada. Com isso, podemos apontar que todos conseguiram

relacionar a temática cana-de-açúcar como uma QSC dentro dos conhecimentos escolares essenciais das ciências.

4.4.2 - Subcategoria Dimensões procedimentais dos conteúdos

De maneira complementar à dimensão anterior, a dimensão procedimental se refere ao conjunto de ações para solucionar um problema proposto e conseguir novos aprendizados (Conrado, 2017). Assim, a autora afirma que isso pode acontecer através de diferentes procedimentos (ações), técnicas (atividades) e métodos (técnicas + procedimentos). Desse modo, quando estamos trabalhando com QSC na sala de aula, existe uma diversidade de possibilidades procedimentais para sua realização. Como exemplo, utilização de textos de divulgação científica, elaboração de textos, modelagem de argumentação, entre outras.

Todavia, vale ressaltar que esses procedimentos utilizados em sala de aula, quando pensamos nas três dimensões de conteúdos, não podem ser confundidos com recursos didáticos (Conrado, 2017). Os procedimentos têm como objetivos a aprendizagem dos estudantes a partir daquela técnica que está exercendo, enquanto os recursos didáticos tem como objetivos auxiliar o professor em suas aulas.

Por exemplo, o uso de textos de divulgação pode ser um recurso didático adotado pelo docente para facilitar a aprendizagem de determinados conceitos, enquanto a elaboração de um texto de divulgação para a aprendizagem de procedimentos pode ser um objetivo de aprendizagem estabelecido para o estudante (Conrado, 2017, p. 100).

Assim, quando utilizamos diferentes procedimentos, o conteúdo aprendido pelos estudantes vai além dos conhecimentos escolares pré-estabelecidos, pois pode levá-los a resolução de diversos problemas apresentados (Conrado, 2017).

Desse modo, buscamos apresentar nesta subcategoria, os elementos procedimentais das sequências didáticas elaboradas pelos participantes da atividade de comunicação, de acordo com nosso referencial. Para iniciar essa parte de nossa análise, elaboramos o quadro abaixo como uma síntese dos procedimentos e técnicas apresentadas nas sequências didáticas:

Quadro 3: Síntese dos procedimentos e técnicas apresentados pelos participantes.

Participante	Procedimentos e técnicas
Riscada	Mapas mentais de conexões, vídeos sobre a produção da cana-de-açúcar, filmes, pesquisa na internet, produção de uma redação defendendo um posicionamento sobre a QSC.
Caiana	Pesquisa na internet, dinâmica em grupo: relacionar o custo-benefício dos combustíveis enérgico no Brasil, produção de um relatório de pesquisa defendendo uma posição a respeito da QSC e mesa-redonda para debater todos os pontos levantados pelos alunos.
Cristalina	Exploração da temática, discussão em grupo, atividade prática: plantio de uma muda de cana-de-açúcar em sala de aula, vídeo de uma usina, debate sobre a produção apresentada em vídeo, exploração das influências culturais da cana-de-açúcar em música, culinária e arte, apresentação histórica e apresentação de defesa de ponto de vista individual.
Manteiga	Discussão em grupo, produção de mapa conceitual, pesquisa na internet, produção de texto, apresentação e interpretação de leituras de notícias e jornais e júri simulado.

Fonte: Elaborado pela autora.

É possível observar que todas as sequências didáticas buscaram apresentar métodos interativos e variados para as aulas, de modo a promover um ensino mais dinâmico aos estudantes, tentando vencer o ensino tradicional. Além disso, percebemos que os participantes entenderam a importância de procedimentos que realmente ajudam os estudantes a resolver problemas, como pesquisas e debates, o que demonstra um entendimento da importância das relações presentes na Educação CTSA e reafirma a necessidade de elaborarmos um ensino mais dinâmico e inclusivo. Não obstante, essas discussões e debates propostos com os estudantes, nos mostram a valorização da formação cidadã crítica do estudante, tanto social quanto ambientalmente, por parte dos professores, essenciais quando são trabalhadas QSC no ensino de ciências.

4.4.3 - Subcategoria Dimensões atitudinais dos conteúdos

A última subcategoria de dimensões dos conteúdos escolares diz respeito às dimensões atitudinais que se referem às tomadas de decisões frente a situações-problemas. Segundo Conrado (2017), essa dimensão leva em consideração questões de valores e ética, habilidades argumentativas e a prática da tomada de decisão, entendendo que a ética não deve permear apenas teoricamente nas decisões sociais, mas deve avaliar moralmente as ações tomadas.

Desse modo, “no âmbito do trabalho com QSCs, devemos considerar os conflitos e as controvérsias como oportunidades de promover o debate e a reflexão crítica sobre valores, normas, atitudes, pontos de vista e tomadas de decisão distintas” (Conrado, 2017, p. 102).

Logo, nesta última subcategoria, buscamos apresentar as dimensões atitudinais propostas pelos participantes da pesquisa em suas sequências didáticas, de modo a estabelecer relações entre os conceitos estudados de QSC a partir da Educação CTSA. Segundo Conrado (2017), as atitudes aqui pretendidas têm forte relação com os procedimentos adotados na dimensão anterior, portanto faremos um quadro síntese abaixo relacionando os objetivos de cada sequência didática com seus respectivos procedimentos e atitudes.

Quadro 4: Procedimentos e atitudes

Participante	Objetivos	Procedimentos	Atitudes
Riscada	Compreender os aspectos sociocientíficos da produção sucroalcooleira no Brasil, a partir dos impactos sociais, ambientais e econômicos	Produção de uma redação defendendo um posicionamento sobre a QSC.	Posicionamento do estudante em relação aos impactos sociais, ambientais e econômicos da produção da cana-de-açúcar.
Caiana	Analisar os impactos econômicos, sociais e ambientais da cana-de-açúcar quando utilizada como combustível energético alternativo.	Produção de um relatório de pesquisa defendendo uma posição a respeito da QSC e mesa-redonda para debater todos os pontos levantados pelos alunos.	Posicionamento do estudante em relação a substituição da utilização de combustíveis fósseis por combustível energético alternativo a partir da cana-de-açúcar.
Cristalina	Compreender o ciclo de vida da cana-de-açúcar, explorar o impacto econômico e ambiental da produção de açúcar e etanol e conhecer a história e a importância cultural da cana-de-açúcar no país e no mundo.	Discussão em grupo, debate sobre a produção da cana-de-açúcar em usinas.	Posicionamento do estudante em relação aos impactos econômicos e ambientais da produção da cana-de-açúcar.
Manteiga	Compreender os impactos sociais, ambientais e econômicos do cultivo da cana-de-açúcar.	Produção de texto, realização de um júri simulado contra X a favor.	Posicionamento do estudante sobre os benefícios e malefícios do cultivo da cana-de-açúcar.

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar o quadro acima, percebemos que todos os participantes buscam, ao final de suas sequências didáticas, um posicionamento dos estudantes em relação à temática escolhida. Riscada e Caiana buscam um posicionamento muito parecido, ao esperar que os estudantes analisem valorativamente os impactos que a produção sucroalcooleira tem na economia, na sociedade e no ambiente. Caiana, por sua vez, busca um posicionamento dos estudantes em relação a substituição da utilização de combustíveis fósseis, como os derivados de petróleo, gás natural e carvão mineral, por combustível energético alternativo a partir da cana-de-açúcar. E Manteiga, em seu júri simulado, propõe uma situação fictícia na qual uma usina de cana-de-açúcar pretende se instalar em uma cidade e os estudantes devem ser separados entre os *a favor*, pensando na economia e geração de empregos, e os *contra*, pensando no ambiente e em questões sociais. Assim, ao final os estudantes iriam debater juntos quais seriam os pontos mais importantes e se posicionarem da melhor forma possível.

Essa busca por posicionamento é exatamente o que se busca com a dimensão atitudinal, de modo que os estudantes analisem a partir de valores, fundamentados na ética, critérios morais que permitem avaliar as atuações dos sujeitos e de si mesmo, isto é, são situações que pedem juízo moral (Conrado, 2017). Por isso, é necessário mais do que apenas entender o conteúdo, mas sim conhecer, refletir e avaliar para tomar uma decisão, um posicionamento em relação à temática proposta.

Além disso, Hodson (2018) também reforça a necessidade da busca de um posicionamento por parte dos estudantes quando trabalhamos com QSC, uma vez que, segundo o autor, o não posicionamento é permitir que outras pessoas se posicionem e decidam por você. Assim, ao explorar esse posicionamento por parte dos estudantes, as sequências apresentadas conseguiram estabelecer um dos principais objetivos educacionais de quando se trabalha com QSC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa tinha como objetivos analisar quais são as potencialidades da temática da cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica (QSC) para o ensino de ciências voltado para a justiça social. Para tanto, realizamos uma pesquisa-ação a partir de uma atividade de extensão universitária que, em concordância com Freire (2021), denominamos de *atividade de comunicação*. Nesta atividade, buscamos a partir do diálogo igualitário entre professores e futuros professores de ciências, identificar essas potencialidades.

Primeiramente, podemos ressaltar que a pesquisa-ação, conforme proposta por Thiollent (1986), nos permitiu aprender junto com os participantes da pesquisa, uma vez que todos tinham voz ativa durante os encontros, de modo a buscarmos juntos uma solução para a problemática estudada. Essa proposta de Thiollent (1986) também dialoga com Freire (2021), ao estabelecer um diálogo igualitário entre todos os participantes da pesquisa, a fim de juntos construirmos novos conhecimentos sobre o ensino de ciências e as QSC.

Assim, as discussões durante a atividade de comunicação, nos permitiram identificar alguns significados nos diálogos entre os participantes, de modo que pudemos estabelecer relações e categorias, nos baseando em nosso referencial teórico. A primeira categoria formulada foi a respeito do entendimento de todos os participantes sobre *o papel político do ensino de ciências e das questões sociocientíficas*, na qual identificamos em diversos momentos de nossos encontros, a importância vista por eles deste papel.

Ao relatarem suas inquietações sobre a relevância de atividades como grêmios estudantil e representação discente nas escolas e universidades, respectivamente, os participantes mostram que por *papel político*, entende-se muito mais do que apenas fazer escolhas, mas ter/formar uma autonomia nos estudantes, de modo que estes tenham uma formação cidadã para a tomada de decisão em todas as dimensões de seu dia a dia na sociedade.

Logo, ao integrar o ensino de ciência com as realidades sociais e políticas, estamos encorajando a participação cidadã e contribuindo para uma sociedade mais informada e resiliente diante dos desafios contemporâneos, além de promovermos uma compreensão mais profunda das ciências. Ademais, os participantes reconhecem a dimensão política das QSC, entendendo como a compreensão das relações entre ciência e sociedade pode capacitar os indivíduos a participarem ativamente do processo democrático. Além disso, a discussão e o

envolvimento com as QSC podem combater eficazmente discursos anti-científicos, promovendo uma cultura de respeito pela evidência científica.

O entendimento das QSC como um importante elemento da formação crítica dos estudantes indica que o papel político do ensino de ciências e das QSC proposto por Hodson (2018), e em conformidade com Freire (2023), foi compreendido pelos participantes, que entendem o papel da educação ao superar a acomodação diante das informações, ressaltando a importância do ensino de ciências para que os estudantes possam lidar criticamente e politicamente com as notícias e informações da mídia.

Também percebemos em nossas análises, diversos momentos em que os participantes da pesquisa enfatizaram sua opinião a respeito das *possibilidades e limitações das questões sociocientíficas no ensino de ciências*, mostrando entendimento da necessidade de renovação do ensino de ciências, descontextualizado e segregado, como é trabalhado hoje nas escolas e da importância da formação inicial e continuada de professores.

A análise de nossos dados nos permite um avanço nas reflexões a respeito dessa renovação do ensino de ciências, uma vez que pudemos perceber, a partir do diálogo com os participantes da pesquisa, o entendimento dos professores a esse respeito. Além disso, ao controverter esse ensino descontextualizado e segregado, os participantes mostraram interesse em refletir sua prática a partir dos pressupostos de Freire (2019; 2023).

Assim, Freire (2019) enfatiza a importância de contextualizar o ensino para torná-lo significativo para os alunos. Na Educação CTSA, isso implica relacionar os conceitos científicos ao contexto social, cultural e ambiental dos alunos, de modo que as QSC emergem como instrumentos ideais para essa contextualização, conferindo ao ensino de ciências uma abordagem mais relevante e compreensível para a formação crítica necessária à sociedade atual. Portanto, nossas análises permitem relacionar o entendimento dos professores e futuros professores a esse respeito, mostrando que estes estão engajados com a renovação do ensino de ciências.

Não obstante, ao propor uma atividade de comunicação, baseada em diálogo igualitário entre universidade e comunidade externa, apresentamos aos professores participantes a importância e as potencialidades desse tipo de interação em sala de aula, promovendo um ensino mais dinâmico e dialógico, o que vai ao encontro dos pressupostos da Educação CTSA.

Além disso, percebemos em diversas situações que os participantes relatam limitações do ensino de ciências, principalmente quando falam de materiais apostilados e provas de nivelamento, como o ENEM e a Prova SARESP. Essas situações apresentadas mostram um ensino descontextualizado do dia a dia dos estudantes, com mais foco em conteúdos científicos do que na formação cidadã crítica, no qual o professor perde sua autonomia para trabalhar na sala de aula. Assim, entendemos junto com os participantes, que as QSC podem ser utilizadas como superação desse ensino tecnicista, uma vez que são situações que pedem um entendimento e envolvimento com as ciências, mas também buscam uma formação integral dos estudantes, pensando em todas as esferas sociais.

Quanto à formação inicial e continuada de professores, os relatos dos participantes refletem concordância com as ideias de Freire e Shor (2021), Freire (2016) e Contreras (2002), especialmente no que diz respeito à importância da formação inicial e continuada para os professores de ciências. Embora existam limitações ao tentar implementar uma educação libertadora, os professores demonstram consciência desses desafios e reconhecem seus papéis individuais e coletivos na superação dessas barreiras.

Além disso, observa-se que os participantes reconhecem diversas possibilidades de aplicação dos conceitos da Educação CTSA e o uso de QSC no ensino de ciências, bem como suas potencialidades para o ensino de ciências. Essas estratégias são vistas como meios de promover um ensino de qualidade, visando uma sociedade mais justa, igualitária, ambientalmente sustentável e com ênfase em ações sociopolíticas.

Dessa maneira, foi proposta a temática cana-de-açúcar como uma QSC para promover um ensino de ciências voltado para a justiça social. A escolha da cana-de-açúcar como temática revela sua relevância, especialmente considerando o contexto de São Paulo, principal produtor sucroalcooleiro do Brasil. Ao dialogar com os participantes, percebemos diversos relatos em que esses entendem e apresentam *as controvérsias da cana-de-açúcar*, pois ao discutirem a temática, evidenciam elementos propostos por diversos autores de nosso referencial teórico.

A questão da queimada da palha da cana, por exemplo, emerge como um impacto negativo relevante, alinhando-se à importância de temas locais e comuns aos estudantes, conforme apontado por Ratcliffe e Grace (2003). Além disso, as análises revelam preocupações por parte dos participantes sobre aspectos ambientais e éticos, corroborando com a proposta de abordagens sociocientíficas que envolvem discussões de valores éticos e morais, probabilidade, risco e assuntos recentes, conforme destacado por Ratcliffe e Grace

(2003). Além disso, a conexão da cana-de-açúcar com outras QSC, como o uso de agrotóxicos, indica uma compreensão mais ampla e integrada das temáticas pelos participantes.

A ênfase na justiça social, expressa pelos participantes, também reflete o compromisso social proposto em abordagens com QSC no ensino de ciências, alinhando-se aos ideais de Hodson (2018). A cana-de-açúcar é reconhecida não apenas como uma fonte de controvérsias, mas também como uma oportunidade para debates sobre questões econômicas, capitalismo, questões de raça, classe e gênero, enriquecendo as discussões e promovendo um ensino de ciências mais humanístico.

Desse modo, as considerações econômicas levam os participantes a reflexões mais amplas sobre justiça social, contribuindo para a formação de uma consciência sociopolítica nos estudantes. A análise das perspectivas dos participantes destaca o potencial da temática da cana-de-açúcar como uma QSC para promover discussões significativas sobre justiça social no ensino de ciências.

Portanto, podemos estabelecer a relevância da cana-de-açúcar como uma QSC e sua capacidade de envolver os estudantes em debates éticos, morais e sociopolíticos, indicando caminhos promissores para práticas pedagógicas inovadoras no ensino de ciências.

Já na última categoria, *três dimensões de conteúdos a partir da temática cana-de-açúcar*, foi possível perceber que as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais foram alcançadas dentro das sequências didáticas elaboradas pelos participantes da pesquisa. Além de estruturadas a partir da temática principal, as sequências didáticas apresentam um aprofundamento teórico sobre a utilização de QSC no ensino de ciências e uma diversidade de atividades que buscam promover um ensino mais dinâmico e interessante aos estudantes. Percebemos também discussões que envolvem questões de justiça social, quando estes buscam um posicionamento crítico e moral dos estudantes. Isso nos mostra que houve um efetivo entendimento do papel político, econômico, social e ambiental das QSC e da Educação CTSA.

Além disso, retornando ao nosso objetivo de pesquisa, o de analisar quais são as potencialidades da temática da cana-de-açúcar como uma QSC para o ensino de ciências voltado para a justiça social, compreendemos as várias possibilidades da temática para o ensino de ciências. Cada sequência didática apresentada buscou, de maneira única, apresentar uma potencialidade da temática e unir com as importantes discussões de justiça social. Com

essas considerações, os participantes da pesquisa nos ajudaram a compreender e refletir a respeito de nossa questão de pesquisa.

Não obstante, não podemos deixar de compreender que todas essas contribuições foram possibilitadas pela relação dialógica estabelecida em nossa atividade de comunicação, a partir de nossa pesquisa-ação. Percebemos que essa interação entre professores e futuros professores permitiu que, juntos, todos construíssem conhecimentos novos a partir das relações da Educação CTSA e das QSC.

Por fim, entendemos que a temática cana-de-açúcar proposta nesta pesquisa possui grandes potencialidades para o ensino de ciências em quando trabalhada como uma QSC, como foi analisado perante às discussões na atividade de comunicação. Dentro da proposta desta pesquisa, pudemos responder nossa questão de pesquisa, a partir da participação dos professores e futuros professores de ciências que contribuíram e fomentaram as nossas discussões. Porém, ainda existem muitas vertentes dessa temática para serem estudadas, como por exemplo: como as questões de raça, classe e gênero podem ser trabalhadas em sala de aula a partir da QSC cana-de-açúcar? Como os estudantes percebem a relevância da cana-de-açúcar como uma QSC em seu aprendizado de ciências? Como a QSC cana-de-açúcar pode ser integrada de maneira efetiva nos currículos de ciências em diferentes níveis de ensino? Em que medida a abordagem da QSC cana-de-açúcar pode contribuir para a formação de professores de ciências mais comprometidos com valores relacionados à justiça social e ambiental? Essas e outras questões podem ser utilizadas para aprofundamento no tema desta pesquisa. Desse modo, deixamos como encaminhamentos para pesquisas futuras o aprofundamento dessas discussões.

Em conclusão, uma vez que a produção sucroalcooleira no Brasil se faz tão presente e importante econômica, social e ambientalmente, a proposta de ser trabalhada como uma QSC traz uma importante contribuição às pesquisas na área e ao ensino de ciências, uma vez que nos permite relacionar temáticas locais importantes à realidade dos estudantes, à conhecimentos científicos e discussões necessárias sobre justiça social, além da promoção de assuntos cada dia mais indispensáveis à Educação CTSA, como trabalho, exploração e expropriação, desenvolvimento sustentável e questões de raça, classe e gênero. Portanto, esta pesquisa não apenas preenche uma lacuna significativa no entendimento atual do ensino de ciências, das QSC e Educação CTSA, mas também oferece perspectivas práticas que podem ser implementadas para aprimorar a qualidade do ensino e promover uma compreensão mais profunda da interconexão entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÑEZ, F. **Formação dos sujeitos participantes de uma atividade de comunicação sobre as questões sociocientíficas dos agrotóxicos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos. 2020. 168f.
- AZEVEDO, M. L. N. Igualdade e equidade: qual é a medida da justiça social? **Avaliação**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 129-150, 2013.
- BAZZO, W. A.; VON-LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)**. Madrid: Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2003.
- BONZI, R. S. Meio século de Primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 28, p. 207-215, 2013.
- BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S.; ROCHA, T. R.; FRIEDRICH, L. S.; NARDY, F. C. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1.778, de 15 de agosto de 2007**. Proíbe a queimada de canaviais e toma outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007. Disponível em:
https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra%3Bjsessionid=CBEE632C7C623EED6A3BF21431136C6C.node2?codteor=495603&filename=Avulso+-PL+1778/200. Acesso em: 15 jan. 2023.
- CACHAPUZ, A; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; VILCHES, A. (org). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005. 265 p.
- CASSIANI, S. VON LINSINGEN, I. (org) **Resistir, (re)existir e (re)inventar a educação científica e tecnológica**. Florianópolis : UFSC/CED/NUP, 2019. 401 p.
- COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B.; VALLS, E. **Los contenidos de la Reforma**. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. Madrid: Santillana, 1992.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Boletim da Safra de Cana-de-Açúcar, Brasília. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana>. Acesso em: 18 de agosto de 2023.
- CONRADO, D. M. **Questões sociocientíficas na educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia, 2017. 239f.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. 570 p.
- CONTRERAS, J. **A autonomia de professores**. São Paulo: Cortez, 2002.
- FAESP. Departamento Econômico da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo, 2022. Disponível em: <https://faespsenar.com.br/>. Acesso em 01 jul. 2023.
- FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 55ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2023.
- FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 23ª ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2021.
- FREIRE, P. **Pedagogia da indignação: cartas pedagógicas e outros escritos**. São Paulo: Unesp, 2000.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 84ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2019.

FREIRE, P.; SHOR, IRA. **Medo e ousadia**: o cotidiano do professor. 15ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2021.

GOMES, A. E. R.; LOPES, N. C. Questões sociocientíficas no ensino de ciências: revisão da literatura nos últimos 5 anos através dos periódicos da capes. *In: Anais do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/92833>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2024.

GUIMARÃES, A. P. M. *et al.* Grupos colaborativos para construção e aplicação de questões sociocientíficas na educação básica: possibilidades e desafios. *In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: Edufba, 2018. p. 570.

HADDAD, S. Paulo Freire, o educador proibido de educar. *In: CÁSSIO, F. (org) Educação contra a barbárie: por escolas democráticas e pela liberdade de ensinar*. 1ª ed. São Paulo: Boitempo, 2019.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. *In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: Edufba, 2018. p. 570.

hooks, bell. **Ensinando a transgredir**: a educação como prática da liberdade. 2ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2020.

hooks, bell. **Teoria feminista**: da margem ao centro. 1 ed. São Paulo: Perspectiva, 2019.

LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O. Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar. *Future Studies Research Journal*, v. 4, n. 1, p. 202 - 230, 2012.

LOPES, N. C. **A constituição de associações livres e o trabalho com questões sociocientíficas na formação de professores**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2013. 389 f.

MACEDO, J. C. P. **Tendências, silenciamentos e perspectivas das pesquisas brasileiras sobre questões sociocientíficas na educação em ciências**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos. 2023. 152f.

MACHADO, F. B. P. **Brasil, a doce terra**. Udop: União Nacional da Bioenergia. 2006. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2006/08/10/brasil-a-doce-terra.html>. Acesso em: 15 ago. 2023.

MARTÍNEZ-PÉREZ, L. F. **A Abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências**: contribuições e dificuldades. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. 2010. 351f.

MARTÍNEZ-PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 03, p. 727-741, 2012.

MARTINI, R. **Sociedade da informação**: para onde vamos. São Paulo: Trevisan Editora, 2017.

MORAES, R. GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 2 ed. Ijuí: Ed. Unijuí. 2011.

- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.
- NOFFKE, S.; SOMEKH, B. Pesquisa de ação. *In*: SOMEKH, B.; LEWIN, C. (org) **Teoria e métodos de pesquisa social**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.
- PAIXÃO, M. Relações de trabalho na agroindústria sucroalcooleira do Brasil: exclusão ou cidadania? *In*: FERRAZ, J. M. G.; PRADA, L. S.; PAIXÃO, M. **Certificado socioambiental do setor sucroalcooleiro**. Embrapa Meio Ambiente, 1999. Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-ambiente/busca-de-publicacoes/-/publicacao/15702/certificacao-socioambiental-para-a-agricultura-desafios-para-o-setor-sucroalcooleiro>.
- PONTUAL, P. C. Educação popular e participação social: desafios e propostas para hoje. *In*: CÁSSIO, F. (org) **Educação contra a barbárie**: por escolas democráticas e pela liberdade de ensinar. 1ª ed. São Paulo: Boitempo, 2019.
- RAMOS, T. C.; MENDONÇA, P. C. C. Uma proposta de Modelo para Abordar Relações entre Práticas Epistêmicas e Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], p. e25348, 1–29, 2021.
- RATCLIFFE, M., GRACE, M. **Science Education for citizenship**: Teaching socioscientific issues. USA: Open University Press, 2003. 181 p.
- REIS, P. Da discussão à ação sócio-política sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, p. 1-10, 2013.
- RIBEIRO, T. V.; SANTOS, A. T.; GENOVESE, L. G. R. A História Dominante do Movimento CTS e o seu Papel no Subcampo Brasileiro de Pesquisa em Ensino de Ciências CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 13–43, 2017.
- RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: EDUFU, 2020. 272 p.
- RODRIGUES, V. A. B.; VON LINSINGEN, I.; CASSIANI, S. Formação cidadã na educação científica e tecnológica: olhares críticos e decoloniais para as abordagens CTS. **Educação e Fronteiras**, Dourados, v. 9, n. 25, p. 71-91, 2019.
- RONQUIM, C. C. Queimadas na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos. **Infoteca - Embrapa**, 2010. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/878010>. Acesso em 15 mar. 2023.
- ROSEIRO, M. N. V.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Meio ambiente e poluição atmosférica: o caso da cana-de-açúcar. **Saúde**, Santa Maria, v. 30, n. 1-2, p. 76–83, 2004.
- SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química nova**, São Paulo, v. 35, p. 1004-1010, 2012.
- SANTOS, J.; ROCHA, B.; PASSAGLIO, K. Extensão universitária e formação no ensino superior. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 23-28, 2016.
- SANTOS, P. G. F. **As questões sociocientíficas na formação de professores**: o pequeno grupo de pesquisa como comunidade de experiência. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. 2017. 216f.
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, [S. l.], v. 1, número especial, novembro de 2007.

- SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.
- SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 9, n. 17, p. 49-62, 2012.
- SANTOS, W. L. P.; SILVA, K. M. A.; SILVA, S. M. B. Perspectivas e desafios dos estudos de QSC na educação científica brasileira. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: Edufba, 2018. p. 570.
- SASSERON, L. H. CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigação em Ensino de Ciências**, [S. I.], v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.
- SELLES, S. E.; VILELA, M. L. É possível uma Educação em Ciências crítica em tempos de negacionismo científico? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. I.], v. 37, n. 3, p. 1722-1747, 2020.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.
- SILVA, K. M. A. **Questões sociocientíficas e o pensamento complexo: tecituras para o ensino de ciências**. 2016. 303 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Brasília – Unb, Brasília, 2016.
- SOUSA, P. S.; GEHLEN, S. T. Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. **Revista Ensaio**, Rio de Janeiro, v. 19, e2569, 2017.
- TEDESCO, J. C. Os fenômenos de segregação e exclusão social na sociedade do conhecimento. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 117, p. 13-28, 2002.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1986. 109 p.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Pró-Reitoria De Extensão (PROEX). Disponível em: <https://www.proex.ufscar.br/sobre>. Acesso em: 30 jan. 2023.
- VASCONCELOS, E. R.; FREITAS, N. M. S.; FERREIRA, D. T.; VALENTE, J. A. S.; FREITAS, N. M. S. Educar para a justiça social e ambiental: que questões pensar no contexto do ensino e da formação de professores de ciências? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. I.], v. 14, n. 2, p. 245-254, 2014.
- VON LINSINGEN, I. Introdução. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: Edufba, 2018. p. 570.
- WEFFORT, F. C. Educação e política: reflexões sociológicas sobre uma pedagogia da liberdade. *In*: FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 55ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2023.
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.
- ZANETTE, M. S. Pesquisa qualitativa no contexto da Educação no Brasil. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 65, p. 149-166, 2017.

APÊNDICE A

CRONOGRAMA DA ATIVIDADE DE COMUNICAÇÃO

Encontro	Duração	Assunto	Atividade proposta
1	4 horas	Alinhamento de horários e objetivos	Detalhamento do curso; Tarefa para a próxima aula: narrativa auto bibliográfica.
2	4 horas	Questões sociocientíficas e Educação CTSA no ensino de ciências	Leitura das narrativas auto biográficas; Discussões sobre as leituras e considerações sobre QSC e Educação CTSA.
3	4 horas	A cana de açúcar no contexto social brasileiro	Discussões sobre as leituras e considerações sobre a temática da cana de açúcar e como esta pode ser trabalhada como uma QSC.
4	4 horas	A cana de açúcar como uma questão sociocientífica no ensino de ciências e a educação para a justiça social	Discussões sobre as leituras e considerações sobre a educação voltada para a justiça social.
5	4 horas	Elaboração de uma sequência didática a partir de questões sociocientíficas	Discussões sobre as leituras e considerações sobre a elaboração das sequências didáticas.
6	4 horas	Sequências didáticas	Apresentação das sequências didáticas e discussões finais.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1 - HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: Edufba, 2018. p. 570.

2 - LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O. Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar. **Future Studies Research Journal**, v. 4, n. 1, p. 202 - 230, 2012.

3 - RONQUIM, C. C. Queimadas na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos. **Infoteca - Embrapa**, 2010. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/878010>

4 - VASCONCELOS, E. R.; FREITAS, N. M. S.; FERREIRA, D. T.; VALENTE, J. A. S.; FREITAS, N. M. S. Educar para a justiça social e ambiental: que questões pensar no contexto

do ensino e da formação de professores de ciências? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 245-254, 2014.

5 - ANDRADE, M. A. S.; NUNES-NETO, N.; ALMEIDA, R. O. Uso de agrotóxicos: uma questão sociocientífica para o ensino médio. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 570.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1 - CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. Questões sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (org.). **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: Edufba, 2018. p. 570.

2 - LENHARO, A. F. L. *et al.* A construção coletiva e comunicativa de uma questão sociocientífica por um grupo de professores em um Pequeno Grupo de Pesquisa. *In*: PÉREZ, L. F. Martínez; LOZANO, D. L. P.; BARRAGÁN, I. G. (ed.). **Formación de profesores y cuestiones sociocientíficas**: experiencias y desafíos en la interfaz universidad-escuela. 21. ed. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2015. p. 169-197.

3 - CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N.; EL-HANI, C. Como abordar questões sociocientíficas na sala de aula: a estratégia didática de cinco fases para o ensino de ciências. **Indagatio Didactica**, Aveiro, v. 11, n. 2, p. 915-928, 2019.