

Radiación ultravioleta e medidas de fotoproteção: desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais na elaboração de uma carta aberta

Ultraviolet radiation and photoprotection measures: development of perceptions, inquiries and social commitments in the crafting an open letter

Eriberto Gomes de Souza ¹, Wilson Elmer Nascimento ^{1*}

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

*E-mail: wilson-elmer@hotmail.com

Recibido el 30 de noviembre de 2023 | Aceptado el 5 de noviembre de 2024

Resumo

Por diversas razões o Sol é de extrema importância para a manutenção da vida na Terra, no entanto, o excesso de exposição à radiação emitida por ele pode provocar problemas à saúde humana. Um maior entendimento sobre os benefícios e os malefícios da radiação solar à nossa saúde e os fatores que dificultam a utilização dos produtos de proteção, se tornam problemáticas importantes de serem estudadas. Nessa perspectiva, a presente pesquisa buscou investigar de que maneira a elaboração de uma carta aberta que tematiza a radiação ultravioleta, seus principais efeitos e medidas de fotoproteção pode contribuir para o desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais. Os dados foram analisados a partir dos propósitos e parâmetros da Educação CTS. Nossos resultados indicaram que a elaboração de cartas abertas proporcionou a oportunidade para que os estudantes desenvolvessem percepções, questionamentos e compromissos sociais. Concluímos que a proposta didática conseguiu contribuir para a construção de um pensamento crítico, de um posicionamento diante da sociedade, de uma atuação na solução de problemas e na tomada de decisões embasadas no conhecimento científico.

Palavras-chave: Radiação ultravioleta; Fotoproteção; Educação CTS; Sequência didática; Ensino de Física.

Abstract

For various reasons, the sun holds paramount importance in sustaining life on Earth; however, excessive exposure to its emitted radiation can lead to health issues on humans. A deeper understanding of the advantages and disadvantages of solar radiation on our health, along with the factors impeding the use of protective products, presents significant challenges for investigation. In this context, the current research aims to explore how the creation of an open letter addressing ultraviolet radiation, its primary effects, and photoprotection measures can contribute to the development of perceptions, inquiries, and social commitments. The data were analyzed within the framework of Science, Technology, and Society Education's (CTS) goals and parameters. Our findings suggest that the writing of open letters provided students with opportunities to cultivate perceptions, inquiries, and social commitments. We conclude that the instructional approach effectively contributed to fostering critical thinking, shaping societal perspectives, engaging in problem-solving, and making informed decisions based on scientific knowledge.

Keywords: Ultraviolet radiation; Photoprotection; STS Education; Didactic sequence; Physics teaching.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, discute-se muito sobre a importância da formação integral dos indivíduos, em que se busca desenvolver as competências e habilidades com o intuito de transformá-los em personagens principais do processo de ensino e aprendizagem. Os estudantes tidos como protagonistas são estimulados a participar ativamente de todo o processo educativo e, neste cenário, o professor se torna um mediador na construção dos conhecimentos, proporcionando as melhores propostas e estratégias para que permita o desenvolvimento de alunos autônomos, críticos e capazes de tomar decisões conscientes perante a sociedade.

Dentre os muitos temas e conteúdos da Física escolar, o estudo das radiações carrega um potencial significativo para o tratamento de questões bastante presentes na vida cotidiana dos estudantes e que podem estimular o protagonismo do educando. Se pensarmos no Sol como fonte natural de diferentes radiações, seu estudo no âmbito do ensino de Física pode auxiliar na compreensão de fenômenos como propagação e absorção de determinados tipos de radiação, bem como a diferenciação entre radiações ionizantes e não ionizantes (Silva, P., 2017; Albuquerque, 2018; Franco, 2018; Oliveira, 2019).

O Sol, corpo celeste bastante presente em nosso cotidiano e nossa principal fonte de energia, emite radiação eletromagnética, incluindo diferentes comprimentos de ondas, formando o que chamamos de espectro eletromagnético – as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, raios ultravioleta (UV), raios X, raios gama e raios cósmicos. Destes, 99% da radiação que atinge a superfície terrestre é composta de radiação UV, luz visível e infravermelho (Dafre e Maris, 2013).

Diante disso, por diversas razões, o Sol é de extrema importância para a manutenção da vida na Terra, no entanto, o excesso de exposição à radiação emitida por ele pode provocar problemas à saúde humana. Assim, é possível afirmar que a radiação solar, especificamente a radiação UV, pode proporcionar tanto malefícios, quanto benefícios (Oliveira, 2019).

Como se sabe, a radiação ultravioleta compreende a faixa de comprimentos de onda entre 200 nm até 400 nm e seu espectro é subdividido em UVC (200-280 nm), UVB (280-320 nm) e UVA (320-400 nm). A radiação UVC é a mais energética e, portanto, mais danosa, no entanto, não atinge a superfície terrestre pois é filtrada pela camada de ozônio. A UVB atinge a superfície terrestre em pequenas quantidades e a UVA embora seja menos energética, é mais penetrante e, conseqüentemente, mais preocupante para a saúde humana.

É importante salientar que incidências moderadas de radiação UV em nossa pele trazem benefícios para o organismo, pois são fundamentais para a síntese de vitamina D, sendo vital para os seres vivos. Essa vitamina, dentre as diversas funções benéficas, tem papel importante no organismo humano por ser essencial para evitar o raquitismo em bebês e crianças. Em contrapartida, altas incidências de radiação solar, em especial a radiação ultravioleta – UV, podem ocasionar manchas, queimaduras e doenças como o câncer de pele. Grande parte dos danos causados são em órgãos externos de nosso corpo, como a pele e os olhos, que se apresentam mais expostos e sensíveis a esta radiação (Franco, 2018).

A título de ilustração, de acordo com dados da Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD), o estado do Rio Grande do Norte, contexto de realização desta pesquisa, é o terceiro estado do Nordeste e o décimo no Brasil que mais registra casos de câncer de pele (SBD, 2021). É essa mesma instituição que anualmente promove a campanha de conscientização para a prevenção dessa doença, chamada Dezembro Laranja.

Desse modo, o uso de fotoprotetores se torna indispensável para a proteção à saúde humana. Oliveira (2019) menciona a importância desta temática diante da população:

Telejornais, programas de rádio, redes sociais, páginas web e outro veículos de comunicação exibem frequentemente campanhas de conscientização em favor da prevenção contra o câncer de pele, incentivando o uso de filtros de proteção solar contra a radiação UV, como os protetores solares para pele, vestimentas especiais, óculos etc. (Oliveira, 2019, p. 11)

Nesse sentido, fica evidente a necessidade de um cuidado maior com a pele e os olhos por meio de equipamentos de fotoproteção, todavia, o que se observa muitas vezes é que tais cuidados não são tomados. Silva, P., (2017, p. 16), inclusive, menciona que “os brasileiros, de maneira geral, não consideram, por algum motivo, relevante esse mecanismo de fotoproteção”. Assim, compreendemos que há a necessidade de ações práticas mais concretas para que venham a contribuir com a redução dos impactos gerados pela radiação UV à população. A nosso ver, contextos privilegiados para que ações dessa natureza sejam realizadas são as escolas e, mais especificamente as aulas de Física, haja vista que diversos conhecimentos científicos podem ser mobilizados e construídos, com vistas a uma melhor compreensão da realidade e conseqüentemente uma conscientização sobre a importância do uso dos fotoprotetores.

Nessa perspectiva, Oliveira (2019, p. 12) enfatiza que “os efeitos da radiação e a importância da proteção solar, faz-se necessária uma maior relação entre essas informações e os conteúdos sobre as radiações abordados em sala de aula”. É importante, portanto, que haja uma compreensão consistente dos conceitos trabalhados durante as aulas,

pois pode dar um significado maior à sua formação cidadã (Alves *et al.*, 2021). Por sua vez, estes autores afirmam que *“não é suficiente uma didática que transmita com clareza os conceitos, mas sim que possa dar significado aos temas propostos”* (Alves *et al.*, 2021, p. 7). Ainda segundo os autores, espera-se que os educandos possam adquirir compreensão consistente, afinal, os efeitos da radiação solar possuem diversas implicações tanto sociais quanto de saúde pública.

No início da última década, Fortunato (2012) em trabalho de revisão bibliográfica apontava para o número reduzido de publicações na interface entre Física e Saúde. Já nos últimos anos, é possível encontrar trabalhos na área de Educação em Ciências que discutem o ensino da radiação ultravioleta, principalmente por meio da problematização da interação dessa radiação com o corpo humano e seus efeitos na saúde. Esses trabalhos utilizam desse tema em sala de aula em diferentes contextos, como no Ensino Fundamental (Barcellos, 2017), no Ensino Médio (Albuquerque, 2018; Franco, 2018; Oliveira, 2019) e no Ensino Superior (Silva, W., 2017). Em uma análise desses trabalhos, nota-se a presença de diversas atividades para o tratamento da temática, tais como experimentos, investigação, situações problema, entre outras. Mesmo diante dessas produções, consideramos ainda incipiente as investigações que discutem a radiação ultravioleta e os cuidados com a saúde no âmbito do ensino de Ciências em sala de aula, sobretudo quando associada a uma problemática local.

Na perspectiva de refletir sobre essa problemática no contexto educativo, faz-se necessário um olhar mais apurado para a realidade local em que os estudantes estão inseridos. Para tanto, a utilização da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para esse contexto nos dá a possibilidade de desenvolver um ensino e aprendizagem de forma contextualizada, por meio da construção do pensamento crítico, da capacidade de se posicionar diante da sociedade, de atuar na solução de problemas e tomar decisões embasadas no conhecimento adquirido.

Este trabalho parte de uma problemática social e tem como questão de pesquisa: De que forma uma perspectiva educacional pautada nos pressupostos da educação CTS pode contribuir para uma abordagem da temática da radiação ultravioleta, seus efeitos à saúde e formas de fotoproteção? Portanto, este trabalho tem como objetivo compreender de que maneira a elaboração de uma carta aberta que tematiza a radiação ultravioleta, seus principais efeitos e medidas de fotoproteção pode contribuir para o desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Em um país que valorize a democracia, não só os representantes políticos devem representar os cidadãos nas decisões que envolvem o bem comum, mas sim toda a população tem o direito de ter sua voz ouvida e participação efetiva em temas decisórios. As pessoas podem avançar nas compreensões do mundo ao seu redor e tomar decisões consistentes diante das situações que estão expostas na realidade e uma educação pautada nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) se torna uma necessidade do mundo contemporâneo, haja vista o fato de vivermos em uma sociedade permeada pela ciência, tecnologia e suas implicações (Santos e Schnetzler, 2003; Pinheiro, Silveira e Bazzo, 2009).

A educação CTS surge com a proposta de formar cidadãos capazes de participar dos processos decisórios, de pensar criticamente, além de uma alfabetização científica e tecnológica, proporcionando um pensar sobre os problemas relativos ao próprio contexto social (Strieder, 2008; Santos, 2012). Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009) enfatizam a importância da educação CTS na vida das pessoas já que se trata de um meio capaz de favorecer avanços nas compreensões sobre o mundo que os cerca. Para a sua construção, as propostas de educação CTS convergem para três objetivos gerais que podem ser classificados em aquisição de conhecimentos, utilização de habilidades e desenvolvimento de valores (Santos e Mortimer, 2002).

No que se refere à aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades, Santos e Mortimer (2002) destacam aquelas relacionadas a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para a resolução de problemas, a tomada consciente de decisões, o aprendizado cooperativo e colaborativo, o desenvolvimento da autoestima, o exercício da cidadania, a responsabilidade social e o interesse e engajamento para se envolver em questões sociais.

Por fim, em relação aos valores, destaca-se aqueles vinculados aos interesses coletivos, como por exemplo, a solidariedade, fraternidade, consciência de compromisso social, respeito ao próximo, generosidade e reciprocidade. *“Será por meio da discussão desses valores que contribuiremos na formação de cidadãos críticos comprometidos com a sociedade”* (Santos e Mortimer, 2002, p. 114). Santos e Schnetzler (2014) contribuem com essa discussão ao sinalizarem que esses valores são importantes para uma educação CTS pois estão ligados a interesses coletivos e demandas humanas, portanto necessitando de participação ativa dos cidadãos para que se atinja uma sociedade igualitária, rompendo com qualquer tipo de discriminação, seja por raça, gênero, sexo e classe social.

Santos e Schnetzler (2014) também apontam a importância do desenvolvimento de abordagens CTS a partir de temas sociais, no entanto, não há um consenso quanto à seleção e a forma de abordá-los. Já Santos e Mortimer (2002) mencionam que deve haver a inclusão de temas sociais locais, bem como, globais, que façam parte da vida dos estudantes. Desse modo, Strieder (2008) sugere, para o desenvolvimento de temas CTS, uma abordagem a partir de problemáticas locais que se articulem com a dimensão global.

A inclusão de temas sociais locais favorece com que os estudantes se apropriem e tomem consciência de suas condições de existência a partir do estudo da própria realidade e dos fenômenos a ela relacionados. É somente a partir disso que o educando terá condições de se transformar e criar condições objetivas e subjetivas para agir e transformar a realidade. *“A apropriação da realidade envolve a leitura em toda sua complexidade, o que supõe identificar a existência ou não de contradições, opiniões contrárias e, quanto mais consciente, maior é a sua capacidade de pensar criticamente”*. (Silva, Marbà-Tallada e Márquez Bargalló, 2024, p. 6).

Nessa direção, na área de Ensino de Ciências, diversos autores buscam articular a Educação CTS com pressupostos educacionais freireanos, no sentido de alçar uma educação científica humanizadora e crítica por meio do trabalho com temas de relevância social, local ou global, em uma perspectiva interdisciplinar (Almeida e Gehlen, 2019; Dionysio *et al.*, 2020; Almeida e Strieder, 2021; Maraschin, Fonseca e Lindemann, 2023).

Santos (2008) afirma que é necessário reverberar sobre a maneira de pensar a Educação em Ciências nas escolas, isto é, refletir criticamente sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, valorizando-se uma concepção de ensino de ciências que permita o estudante compreender, problematizar criticamente, tomar decisões e agir frente às questões científicas e tecnológicas, portanto uma concepção de ensino de ciências pautada na educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Diante dessas concepções, percebe-se que a educação CTS torna-se uma alternativa a ser desenvolvida em sala de aula, através de um ensino de ciências (Física, Química e Biologia) mais contextualizado com o mundo contemporâneo, buscando agir no sentido de transformação da realidade social (Strieder, 2008; Santos, 2012; Strieder e Kawamura, 2017). Para isso, os conhecimentos trabalhados nessa abordagem de ensino não devem estar distanciados dos problemas e questões enfrentadas pelos alunos no seu cotidiano (Gama, 2018).

Strieder e Kawamura (2017) trazem uma contribuição interessante para se pensar em ações que levem em consideração aspectos CTS. Por meio do cruzamento de informações de um grande levantamento das produções sobre CTS no contexto brasileiro, as autoras propõem e discutem o que denominam de parâmetros e propósitos da educação CTS. Os parâmetros da educação CTS representam uma síntese de diferentes olhares para a ciência, a tecnologia e a sociedade e que podem subsidiar a inserção de discussões pertencentes ao campo CTS no ensino de Ciências. Já os propósitos da educação CTS partem de uma síntese de diferentes perspectivas educacionais e seus significados na educação CTS (Strieder e Kawamura, 2017).

Sobre os parâmetros da educação CTS, Strieder e Kawamura (2017) destacam três deles, denominados como i) racionalidade científica, ii) desenvolvimento tecnológico e iii) participação social. Esses parâmetros representam *“princípios ou referências a partir dos quais é possível estabelecer e caracterizar relações entre os três elementos da tríade CTS e entre esses e a educação científica”* (Strieder e Kawamura, 2017, p. 33). Para cada um dos parâmetros, elencam ainda uma série de perfis característicos que estariam relacionados às suas possíveis abordagens acerca de cada parâmetro.

O parâmetro da racionalidade científica representa, além de um olhar mais apurado sobre a ciência propriamente dita, uma maneira de perceber e discutir as relações da ciência com a tecnologia e a sociedade. É nele que se reconhece a *“possibilidade de existência de uma ciência não caracterizada somente por princípios lógicos e empíricos, ainda que racional”* (Strieder e Kawamura, 2017, p. 33). Segundo as autoras, seria a partir desse parâmetro que seria possível uma discussão sobre o

reconhecimento de que há diferentes racionalidades presentes na construção da ciência e que a ciência é racional em sua essência, mas que isso não implica em certezas e em progresso garantido. Outras perspectivas são possíveis e o primeiro passo para o desenvolvimento delas é o reconhecimento das suas limitações. (Strieder e Kawamura, 2017, p. 33)

As autoras propõem que são possíveis diferentes abordagens sobre racionalidade científica na educação CTS, quais sejam: (1R) explicitar a presença da ciência no mundo; (2R) discutir malefícios e benefícios dos produtos da ciência; (3R) analisar a condução das investigações científicas; (4R) questionar as relações entre as investigações científicas e seus produtos; (5R) abordar as insuficiências da ciência.

O segundo parâmetro se refere ao desenvolvimento tecnológico e se trata de discussões presentes em estudos relacionados à ciência, à tecnologia e ao desenvolvimento social. No âmbito desses estudos, cabe destacar as críticas aos discursos de caráter salvacionista em relação ao bem-estar social associado ao desenvolvimento tecnológico, bem como as discussões em torno das especificidades do conhecimento tecnológico, tais como aspectos sobre as técnicas,

os artefatos, os instrumentos, o sistema sociotécnico etc. “Além disso, há reflexões que enfatizam que a questão central não é a tecnologia em si, mas as perspectivas de desenvolvimento que a orientam, ou seja, a variedade de tecnologias e caminhos de desenvolvimento entre os quais deve-se escolher [...]” (Strieder e Kawamura, 2017, p. 36).

Da mesma forma que no parâmetro anterior, há a proposição de outras cinco abordagens sobre o desenvolvimento tecnológico e que são possíveis na educação CTS, as quais centram-se em: (1D) abordar questões técnicas; (2D) analisar organizações e relações entre aparato e sociedade; (3D) discutir especificidades e transformações acarretadas pelo conhecimento tecnológico; (4D) questionar os propósitos que tem guiado a produção de novas tecnologias; (5D) discutir a necessidade de adequações sociais.

O último parâmetro leva em consideração a participação social, referente aos estudos que discutem, entre outros aspectos, a importância dos valores e das políticas públicas na construção das ciências. Além disso, os olhares acríticos da população em relação à ciência, compreendendo-a como infalível, absoluta e necessariamente condutora ao progresso e ao bem-estar. Para Strieder e Kawamura (2017), as diferentes abordagens de participação social são possíveis na educação CTS, quando associados a: (1P) adquirir informações e reconhecer o tema e suas relações com a ciência e a tecnologia; (2P) avaliar pontos positivos e negativos associados ao tema, envolvendo decisões individuais e situações específicas; (3P) discutir problemas, impactos e transformações sociais da ciência e da tecnologia envolvendo decisões coletivas; (4P) identificar contradições e estabelecer mecanismos de pressão; (5P) compreender políticas públicas e participar no âmbito das esferas políticas.

Strieder e Kawamura (2017) ressaltam que as diferentes perspectivas e abordagens dos respectivos parâmetros devem ser compreendidos como elementos que caracterizam as discussões CTS e que podem articular os três elementos da tríade com a educação científica. Mas, o que direciona e dá sentido às abordagens sobre racionalidade científica, desenvolvimento tecnológico e participação social, são os propósitos educacionais.

As autoras elencam três propósitos educacionais que têm guiado a educação CTS, são eles: (i) percepções entre o conhecimento científico escolar e o contexto do aluno; (ii) questionamentos sobre situações sociais relacionadas à cidadania e (iii) compromissos sociais diante de problemas ainda não estabelecidos (Strieder e Kawamura, 2017). Cabe ressaltar que esses propósitos não se organizam em nenhum nível hierárquico e se complementam em termos de formação científica, correspondendo a diferentes situações e possibilidades de atuação.

O *desenvolvimento de percepções* entre o conhecimento científico escolar e o contexto do aluno dá ênfase na aproximação entre as experiências cotidianas dos estudantes e os aspectos relacionados à ciência, à tecnologia e à sociedade. O *desenvolvimento de questionamentos* sobre situações sociais relacionadas à cidadania, segundo Strieder e Kawamura (2017), tem como propósito a compreensão de questões de ordem social relacionadas à cidadania e que sejam postas como problemáticas na sociedade atual. Por sua vez, o *desenvolvimento de compromissos sociais* diante de problemas ainda não estabelecidos traz subjacente uma orientação a busca por uma transformação da realidade, de modo que a sociedade possa enfrentar os problemas sociais nas mais variadas frentes.

III. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho segue os preceitos da abordagem qualitativa (Bogdan e Biklen, 1982). Na presente pesquisa, o ambiente é a escola – mais precisamente a sala de aula – e o pesquisador é o professor regente das aulas de Física, contexto de realização da investigação. Dada essa especificidade, caracterizamos a investigação, quanto aos procedimentos técnicos, como uma pesquisa participante (Brandão e Borges, 2007).

Para a realização da pesquisa, os procedimentos e instrumentos utilizados para acompanhar o processo de intervenção e de coleta dos dados foram: observação com elaboração de diário de campo por parte do pesquisador; aplicação de um questionário no início do desenvolvimento da sequência de ensino, e; as produções textuais dos alunos realizadas durante as atividades propostas, tais como, carta aberta e entrevistas realizadas com a comunidade.

Todas as observações foram registradas em diário de campo, onde o professor regente realizou suas anotações após o término das aulas e um pesquisador assistente durante o desenvolvimento das atividades. Optamos pela presença de um pesquisador assistente para que pudesse captar aspectos que não poderiam ser observados pelo professor regente e que pudessem ser relevantes para a pesquisa.

Para este trabalho, selecionamos os dados provenientes das produções textuais dos estudantes na elaboração das cartas abertas. Foram analisadas 14 cartas e todas elas foram transcritas na íntegra. A elaboração da carta aberta foi proposta aos estudantes nas últimas aulas da sequência didática e tinha o intuito de contribuir para que os educandos, por meio da reflexão da problemática encontrada no contexto local, pudessem apresentar propostas de intervenção que fossem viáveis e que buscassem ampliar o uso de fotoprotetores por parte da população.

De modo a compreender de que maneira a atividade contribuiu para o desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais nos estudantes, a análise dos dados se deu a partir da matriz de referência proposta por Strieder e Kawamura (2017).

A. contexto da pesquisa

Esta pesquisa, bem como a intervenção didática, foi desenvolvida em duas turmas da terceira série do Ensino Médio Regular de uma escola pública de uma cidade do interior do Estado do Rio Grande do Norte, região Nordeste do Brasil. No ano letivo de 2023, ano de desenvolvimento da intervenção didática e da pesquisa, estavam matriculados na terceira série do Ensino Médio um total de 47 estudantes e todos foram convidados a participar da proposta didática no contexto do componente curricular de Física.

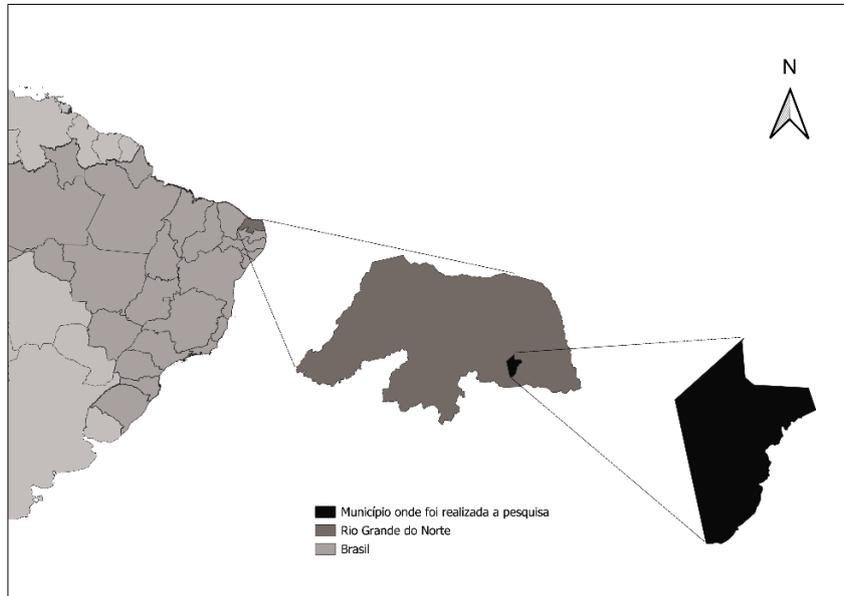


FIGURA 1. Mapa ilustrativo da cidade de realização da pesquisa.

A cidade onde realizamos a intervenção didática possui um clima semiárido com temperaturas médias anuais variando de 21 °C a 32 °C, estimando-se 2400 horas de insolação por ano. Apesar da média apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o que se observa, em grande parte do ano, são temperaturas elevadas que podem chegar a 36 °C com sensação térmica ainda maior.

Nesse sentido, consideramos que se trata de um contexto em que a problemática da alta incidência da radiação ultravioleta precisa ser enfrentada com maior clareza. Trata-se de uma localidade em que grande parte da população reside na zona rural e desempenha atividades agrícolas, se expondo constantemente ao sol e invariavelmente sem proteção adequada. Assim, cabe ressaltar que uma parcela da população dessa cidade, inclusive os estudantes, estão inseridos nessa realidade, seja por desempenharem essas atividades de exposição intensa aos raios solares, seja por possuírem familiares e amigos nessas condições. Notadamente, é um contexto que pode trazer algumas implicações à saúde humana devido a exposição excessiva a essa radiação, sobretudo quando as devidas medidas de proteção não são tomadas, como por exemplo o uso de fotoprotetores (creme protetor solar, óculos de sol, chapéus, roupa com proteção solar etc.).

B. Estruturação da sequência didática

A intervenção didática no âmbito desta pesquisa se baseia em uma proposta de ensino organizada em formato de uma sequência didática. De acordo com Zabala (1998, p. 18), as sequências didáticas *“são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”*.

Em acordo com a problemática desta pesquisa, a sequência didática proposta tematizou, a partir de uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (Strieder e Kawamura, 2017), os efeitos da radiação ultravioleta (UV) à saúde humana e a importância dos fotoprotetores. A estruturação da sequência didática seguiu os pressupostos da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos – 3MP (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2009). A escolha por essa organização se deu pela possibilidade de inserir, de uma forma mais contextualizada e significativa, os conhecimentos sobre a radiação UV e suas inter-relações com situações presentes no cotidiano dos educandos. Os 3MP se caracterizam por organizar o planejamento dos conhecimentos a serem trabalhados em sala de aula e constituem-se basicamente por três etapas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2009).

A sequência didática era formada por quatro etapas, dividindo-se em atividades presenciais em sala de aula e atividades a serem realizadas fora da escola, totalizando 14 aulas para o seu desenvolvimento. Como as aulas de Física no contexto em que foi realizada a intervenção didática se organizam em encontros com duas aulas de 50 minutos, para a realização da sequência didática foram necessários sete encontros de 100 minutos. Ao longo dos sete encontros da sequência didática foi possível desenvolver um total de sete atividades, são elas: i) questionário diagnóstico; ii) situação-problema; iii) pesquisa sobre os preços dos protetores solares; iv) entrevistas com membros da comunidade; v) análise do Índice Ultravioleta (IUV); vi) carta aberta e vii) campanha de conscientização na comunidade escolar. As atividades remotas assíncronas se baseavam em pesquisas e registros realizados pelos estudantes.

QUADRO I. Organização da sequência didática

<i>Etapas</i>	<i>Tema da aula</i>	<i>Atividades</i>	<i>Resumo da aula</i>
Problematização Inicial	A radiação ultravioleta no cotidiano	Questionário diagnóstico Situação-problema	Aplicação de um questionário diagnóstico que buscou identificar as principais concepções dos estudantes sobre a radiação ultravioleta e medidas de fotoproteção. Discussão de uma situação-problema, baseada em uma situação hipotética cotidiana, mas que mobilizava determinados conceitos científicos.
Organização do conhecimento	A radiação solar: a ultravioleta e seus benefícios e malefícios à saúde humana	Pesquisa sobre preço de protetor solar	Desenvolvimento dos principais conceitos físicos em torno da temática. Principais características da radiação solar incidente sobre a Terra, tipos de radiação UV e os fatores que influenciam nos níveis de incidência. Foi proposta a atividade de pesquisa de preço de protetor solar.
	A radiação solar: a ultravioleta e seus benefícios e malefícios à saúde humana	Pesquisa sobre preço de protetor solar Entrevista com membros da comunidade	Discussão sobre os principais benefícios e malefícios da radiação UV à saúde humana. Socialização e discussão da pesquisa de preço de protetor solar. Foi proposta a atividade de entrevista com membros da comunidade. Essas entrevistas foram feitas pelos alunos e tiveram como público-alvo diversos profissionais da comunidade que ficam expostos constantemente à radiação solar. As perguntas versavam sobre o tempo de exposição ao sol, uso de fotoprotetores etc.
	Índice ultravioleta e medidas de fotoproteção	Entrevista com membros da comunidade Análise do índice ultravioleta	Socialização e discussão das entrevistas realizadas com membros da comunidade. Análise do índice ultravioleta (IUV) da região com o uso de um aplicativo. Discussão sobre IUV, Fator de Proteção Solar (FPS), funcionamento do protetor solar e formas de utilização.
Aplicação do conhecimento	Retomando o problema inicial: apontamentos e reflexões	Situação-problema Carta aberta	Retomada da situação-problema e sua resolução a partir dos conhecimentos desenvolvidos durante as aulas. Proposição da atividade de elaboração de uma carta aberta.
	Preparativos para organização da campanha de conscientização	Carta aberta Campanha de conscientização na comunidade escolar	Continuação da elaboração de cartas abertas. Discussão das cartas em grande grupo. Organização da campanha de conscientização na comunidade escolar.
Culminância	Socialização dos resultados	Campanha de conscientização na comunidade escolar	Campanha realizada na escola, onde os estudantes elaboraram um evento de conscientização sobre a importância da proteção à radiação ultravioleta. Foram confeccionados banners, apresentações, demonstrações e um perfil nas redes sociais.

Como é possível observar no Quadro I, as aulas ministradas na sequência didática buscaram promover uma série de atividades que colocassem os estudantes como o centro das interações, lançando mão de uma diversidade de estratégias para isso. Nessa perspectiva, a partir da situação-problema os estudantes perceberam a importância do conhecimento científico para o entendimento do problema e o quanto este poderia contribuir para uma diferente leitura da realidade. Essa percepção dos estudantes se constituiu como muito importante para a continuidade do desenvolvimento da sequência didática, haja vista que os mobilizou em direção à busca por conhecimento e, portanto, de uma enculturação científica. Foi a partir da pesquisa sobre os preços dos protetores solares que os estudantes se depararam com a problemática da relação entre a importância do uso de protetor solar e o seu alto custo. Em outras palavras, atingiram um nível de compreensão acerca do uso ou não uso de fotoprotetores, onde este estaria condicionado a outros fatores mais estruturais. Já a entrevista com os membros da comunidade propiciou aos estudantes o acesso a dados referentes a uma gama de informações, tais como a diversidade de realidades de pessoas que se expõem diariamente à radiação solar sem proteção adequada.

Além dessas atividades de leitura da realidade a seu redor, em uma perspectiva investigativa, ao longo da sequência didática os estudantes se aproximaram da cultura científica a partir de aulas expositivas dialogadas acerca dos principais fenômenos e conceitos físicos envolvidos com a problemática da radiação ultravioleta e medidas de fotoproteção. É importante ressaltar que o conjunto dessas atividades, bem como a apropriação dos conhecimentos científicos envolvidos, foram importantes para o letramento científico dos estudantes e subsidiaram a escrita das cartas abertas.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já destacado, para este trabalho, direcionamos nosso olhar principalmente para a atividade relacionada a elaboração de uma carta aberta, feita pelos estudantes ao longo do momento de “aplicação do conhecimento” da sequência didática. Assim, a atividade foi proposta após os estudantes terem discutido sobre os mais diversos aspectos físicos da radiação ultravioleta e seus principais efeitos à saúde humana, além de terem acesso às mais variadas formas de proteção desta radiação. Além disso, já tinham realizado uma pesquisa sobre os preços de protetores solares e entrevistas com membros da comunidade de modo a compreenderem se as pessoas se protegem corretamente da radiação ultravioleta.

Escolhemos o gênero textual da carta aberta dada a sua função social no âmbito da apropriação discursiva individual. De maneira complementar, graças ao seu formato privilegiado para a exposição pública de opiniões e/ou reivindicações sobre determinado tema de interesse coletivo. A carta é um dos meios de comunicação por meio da escrita mais antigos da humanidade e ocupa um papel importante no surgimento de outros gêneros textuais. Por meio de uma carta é possível identificar mais facilmente os papéis sociais dos interlocutores e as relações sociais envolvidas (Leite, 2014).

A carta, com sua comunicação direta entre dois indivíduos dentro de uma relação específica em circunstâncias específicas (tudo que podia ser comentado diretamente), parece ser um meio flexível no qual muitas das funções, relações e práticas institucionais podem se desenvolver – tornando novos usos socialmente inteligíveis, enquanto permite que a forma de comunicação caminhe em novas direções. (Bazerman, 2005, p. 83)

Por meio de um diálogo com seu interlocutor, que pode ser uma autoridade, uma organização, uma comunidade, ou mesmo outro indivíduo, a carta aberta é utilizada socialmente para denunciar problemas de um grupo ou comunidade, reivindicar soluções, propagar ideias ou defender um posicionamento. Nesse sentido, a proposição de elaboração de uma carta aberta se mostrou bastante conveniente no âmbito da sequência didática, haja vista nossa intencionalidade de proporcionar aos estudantes uma situação concreta de escrita criativa e significativa, tanto por terem que abordar a temática da radiação ultravioleta e medidas de fotoproteção, quanto pela oportunidade de se apropriar e mobilizar recursos de um gênero textual tão versátil.

Cabe ressaltar que no período que antecedeu essa atividade, a professora de Língua Portuguesa da escola, nas aulas de sua disciplina, teve a oportunidade de trabalhar com os estudantes as principais noções do gênero textual da carta aberta. É oportuno destacar que essas produções textuais desenvolvidas nas aulas de Física foram também trabalhadas posteriormente nas aulas de Língua Portuguesa, em que a professora pôde discuti-las em seus aspectos argumentativos e gramaticais, alvo de sua disciplina. Apesar do potencial interdisciplinar dessa atividade, devido a questões contextuais da escola, os professores não tiveram a chance de trabalharem juntos nas aulas, sendo essa interlocução apenas em suas próprias aulas. Mesmo diante disso, consideramos que a proposta atingiu um diálogo interdisciplinar, o que Mozena e Ostermann (2014, p. 200) apontam como “interdisciplinaridade possível, [...] de acordo com as contingências e especialidades dos professores dispostos, [...] dos imperativos da escola e dos alunos”.

Também nas aulas de Física, foi compartilhado com as turmas alguns textos que apresentavam as características de uma carta aberta, um tipo de texto argumentativo que normalmente solicita ou se posiciona diante de uma temática social. Esta atividade teve o intuito de contribuir para que os estudantes, através da reflexão da problemática encontrada no contexto local, pudessem apresentar propostas de intervenção que fossem viáveis e que buscassem ampliar o uso de fotoprotetores por parte da população. Além disso, foi o momento oportuno para o desenvolvimento da criatividade dos alunos na busca por alternativas que buscassem beneficiar os cidadãos inseridos nessa realidade.

É nessa perspectiva que a estratégia de elaboração de carta aberta tem sido utilizada em propostas de ensino que contemplem aspectos CTS e tem se mostrado um ferramental importante ao possibilitar que os estudantes possam, por meio da argumentação, se posicionar criticamente diante de uma problemática real, ao mesmo tempo que os coloca como agentes de uma mudança possível na sociedade (Ferreira *et al.*, 2013; Ribeiro, 2016; Brito, Giroto e Bastos, 2022; Kawabata *et al.*, 2022; Fernandes, 2024).

Na sequência didática relatada neste trabalho, as cartas abertas foram realizadas individualmente e em grupos e foram socializadas e discutidas com toda a turma. No total, foram produzidas 14 cartas em que, basicamente, os estudantes apresentaram demandas em torno da popularização do uso de fotoprotetores. Nesse sentido, em cinco (5) cartas escolheram como destinatários das reivindicações a câmara dos vereadores do município, em duas (2) o governo federal, em duas (2) o Programa Farmácia Popular do Brasil (PFPPB), em uma (1) o governo estadual, em uma (1) o ministério da saúde e em uma (1) os farmacêuticos. Duas (2) das cartas não apresentaram um destinatário definido.

É interessante notar que grande parte das cartas foram direcionadas a agentes do poder público, como vereadores, governo estadual e federal. Esses destinatários também foram utilizados por estudantes em trabalhos de natureza semelhante, tais como autoridades responsáveis pelo abastecimento de água na comunidade (Ribeiro, 2016), câmara municipal e à concessionária de água e esgoto da cidade de Cabo Frio-RJ (Fernandes, 2024) e representantes políticos (Kawabata *et al.*, 2022).

A elaboração dessas cartas só foi possível por meio do **desenvolvimento de percepções** entre o conhecimento científico escolar e o contexto do estudante. Nas palavras de Strieder e Kawamura (2017, p. 43), o desenvolvimento dessas relações e/ou percepções “relaciona-se à construção de uma nova imagem do conhecimento científico escolar, dando ênfase tanto para questões presentes no dia a dia, quanto para questões científicas e/ou tecnológicas”. Foi a partir da contextualização que os estudantes puderam pensar criticamente em formas de reivindicações acerca de uma problemática local e buscar soluções utilizando como argumentos a apresentação de dados científicos e de condições reais de existência da comunidade. Em termos de parâmetros da educação CTS, os estudantes chegaram para a elaboração da carta conscientes da *presença da ciência na sociedade (1R)* e da importância de *adquirir informações e reconhecer o tema e suas relações com ciência e tecnologia (1P)*.

Na análise das produções textuais presentes nas cartas, foi possível identificar que as demandas apresentadas foram em direções que enfatizaram a importância da elaboração de leis que fomentem o uso de fotoprotetores, a redução do valor do protetor solar, bem como ações a serem desenvolvidas na comunidade local.

Na direção de solicitar a popularização dos fotoprotetores, um aspecto interessante que nos chamou atenção na análise das cartas foi o movimento argumentativo dos estudantes em suas reivindicações. Basicamente, os argumentos ficaram em torno da constatação do alto custo dos fotoprotetores e a escassa condição financeira da população e da apresentação de dados sobre as consequências do não uso de fotoprotetores, como por exemplo o câncer de pele.

Nós alunos concluintes da Escola Estadual escrevemos esta carta com o intuito de alertar sobre o risco que a população trabalhadora e de baixa renda está correndo por não possuir recursos suficientes para comprar o protetor solar. É de interesse de todos que o número de doenças cancerígenas venha a diminuir e é perceptível que não apenas no nosso estado mais também no Brasil como um todo, que o câncer de pele é o mais frequente atualmente. (Carta 1 - A39, negrito nosso)

Tendo em vista as muitas pessoas de baixa renda, como garís, feirantes, vendedores ambulantes, agricultores, entre outros que na maioria do tempo estão expostos a radiação UVB, e sujeitos a vários problemas como queimaduras, melasma, fitofotodermatose e até mesmo ao câncer de pele, desse modo é de extrema importância o uso do protetor solar, mas por causa do alto custo do produto, fica difícil de algumas pessoas conseguirem comprar. (Carta 2 - A13, negrito nosso)

Venho por meio desta carta falar sobre a falta de acessibilidade ao protetor solar pelas pessoas de baixa renda, bem como a falta de informação sobre a importância do seu uso para prevenção de doenças de pele no nosso município. De acordo com o G1 [portal de notícias brasileiro], o Rio Grande do Norte é o terceiro estado que mais registra casos de câncer de pele no Nordeste e, no Brasil, ocupa o décimo lugar no ranking. Um dos fatores que contribui para essa alta taxa é a pobreza. Isso dificulta o acesso dessas pessoas a comprarem o protetor solar e, também, a fazerem o tratamento do câncer de forma eficaz. (Carta 4 - A5, negrito nosso)

O problema em questão, é que existem pessoas na nossa cidade que precisam se expor ao sol diariamente por questão de necessidade. Devido ao impacto que causaria em sua renda financeira, essas pessoas não têm o hábito de usarem o protetor solar, sendo assim, arriscando ter o desenvolvimento de alguns tipos de doenças, entre elas o câncer de pele. (Carta 5 - A19, negrito nosso)

Ficou evidente a explicitação da relação entre o alto custo dos fotoprotetores e a baixa renda de parte da população, algo que dificulta a aquisição do produto. Puderam mobilizar conhecimentos já trabalhados ao longo das aulas, assim como perceber mais de perto, por meio da pesquisa, os preços inacessíveis dos protetores solares; bem como do impacto disso na população, por meio das entrevistas com os diversos profissionais da comunidade.

Os estudantes recorreram às informações veiculadas nas aulas, e por meio de estudos e pesquisas autônomas, principalmente no que se refere aos dados sobre as consequências da exposição indevida à radiação ultravioleta. Por meio da carta aberta, os conhecimentos trabalhados em aula, bem como as informações buscadas pelos estudantes, “*deixam de ter um fim em si e/ou apenas uma finalidade futura, passando a constituir-se em “ferramentas” para a compreensão de temas de relevância social, para a compreensão de situações do mundo vivido*” (Muenchen e Auler, 2007, p. 442). Como por exemplo, a aluna A5 que traz dados contextualizados acerca do alto índice de casos de câncer de pele no Rio Grande do Norte. Em perspectiva semelhante, A29 e A37 chamam a atenção para esse problema, apontando que a inclusão do protetor solar no Programa Farmácia Popular do Brasil (PFPB) pode diminuir os casos de câncer de pele no país, além de ajudar os brasileiros desfavorecidos economicamente, sendo, geralmente, os que mais se arriscam diariamente ao sol.

*[...] Um país como o Brasil tem altas temperaturas por ser um país tropical, com **alto índice de câncer de pele na população**, causando também envelhecimento precoce e manchas na pele. Se incluíssem os protetores solar no Programa Farmácia Popular poderíamos **diminuir os casos de câncer de pele no Brasil e ajudar os brasileiros economicamente desfavorecidos e que geralmente são os que mais se arriscam no sol diariamente.*** (Carta 10 - A29 e A37, negrito nosso)

Algumas cartas buscaram reivindicar a redução do valor do protetor solar por meio da inserção do produto no PFPB, seja em cartas endereçadas ao próprio programa ou às autoridades locais. Esse programa visa promover o acesso a medicamentos essenciais para a população e são disponibilizados com preços acessíveis ou até mesmo de forma gratuita. Levando em consideração essa reivindicação dos estudantes, percebe-se que eles compreendem que esta seria uma alternativa viável para que os protetores solares chegassem a maior parte da população por conta da queda de seu preço.

[...] viemos por meio desta carta solicitar a ajuda dos senhores [à Câmara de vereadores] para que o protetor solar seja incluído no programa farmácia popular do Brasil (PFPB) que permite que a população receba medicamentos/produtos, pagando somente 10% do valor ou até mesmo receba-o gratuitamente” [...] Se conseguíssemos a inclusão do protetor solar no PROGRAMA FARMÁCIA POPULAR DO BRASIL (PFPB), muitas pessoas poderiam comprar e usá-lo corretamente, fazendo assim o índice de doenças causadas pelo sol baixarem drasticamente. Essas são nossas preocupações e o motivo de solicitarmos a ajuda dos senhores para que possamos colocar em ação essas ideias, podendo assim trazer mais saúde e segurança para essa parte da população. (Carta 2 - A13)

[...] venho fazer a sugestão [ao Ministro da Saúde] de inserir os protetores solar no programa farmácia popular, para que seu acesso seja democratizado. (Carta 12 - A25)

Senhores farmacêuticos venho a público informar através desta carta que o protetor solar deveria ser implementado no Programa Farmácia Popular. (Carta 9 - A27)

[...] sugerimos [Governo do Estado] que seja vinculado [o protetor] à lei 10.858 também pelo Decreto nº 5.090, de 20 de maio de 2004, que regulamenta e institui o Programa Farmácia Popular do Brasil. (Carta 1 - A39)

Como é possível evidenciar, os signatários dessas cartas acreditam que a inclusão do protetor solar no PFPB facilitaria sua compra e seu uso correto por diversas pessoas, desse modo, diminuindo significativamente o índice de doenças causadas pela exposição solar. A redução do valor do protetor, ou até mesmo a sua gratuidade, surge também como objetivo daquelas que reivindicam o incentivo à fabricação de protetores genéricos. “[...] Tendo em vista isso, sugerimos que da mesma forma que o governo, patrocina grande parte dos medicamentos genéricos. Assim, também poderia fazer com o protetor solar, assim ficando mais acessível para a população” (Carta 8 - A21 e A22). Nessa mesma perspectiva, Franco (2018), em pesquisa desenvolvida, relata que um grupo de alunos em uma atividade semelhante sugeriu que o protetor solar fosse manipulado em farmácias especializadas, dessa forma, tornando o custo do produto mais baixo e, conseqüentemente, mais acessível.

Nos últimos anos, projetos de lei foram apresentados em câmaras municipais com o intuito de contribuir para com a população através do fornecimento de protetores. Podemos mencionar o Projeto de Lei nº 482/2021 que propõe ao Poder Executivo do Rio de Janeiro/RJ a obrigação do fornecimento de protetor solar, além de orientações sobre o seu uso correto aos agentes comunitários de saúde e de endemias. Em outra perspectiva, no entanto, com a mesma finalidade, foram apresentados projetos de lei (340/17, 341/17 e 342/17) na Câmara Municipal de Salvador/BA que sugerem a inclusão desse produto na lista de medicamentos genéricos para que possa ser oferecido a preços acessíveis à população. É muito interessante perceber que a reivindicação dos alunos não é nada infundada, haja vista que existem iniciativas dessa natureza em outras regiões do país.

Como é possível identificar nas cartas, essa atividade proporcionou aos estudantes o **desenvolvimento de questionamentos**, uma perspectiva que vai além da contextualização do conhecimento científico escolar e que envolve a

compreensão de questões sociais relacionadas à cidadania e que possam ser consideradas como problemáticas na sociedade contemporânea (Strieder e Kawamura, 2017). Na elaboração das cartas, em seus argumentos, os estudantes se apropriaram de conhecimentos relevantes do ponto de vista científico, social e cultural e que contribuem para o desenvolvimento de um pensamento mais crítico na direção de questionar as relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Em termos de parâmetros CTS, podemos inferir que a elaboração das cartas contribuiu em nível de participação social, principalmente no que se refere a *avaliação de pontos positivos e negativos relacionados ao tema, envolvendo decisões individuais e situações específicas (2P)*. Ao fazer ponderações sobre a importância do uso ou não uso do protetor solar e da relatividade do custo do produto, puderam desenvolver questionamentos que impactaram em atitudes de cunho individual e coletivo. Por meio de questionamentos, puderam conhecer e aprofundar sobre outras realidades presentes na comunidade, passando a *discutir sobre os problemas, impactos e transformações sociais da ciência e tecnologia, envolvendo decisões coletivas (3P)*, ou seja, compreendendo que aquele problema não deveria ser tratado somente no âmbito individual, mas sim no plano social mais amplo.

Ainda na perspectiva de mitigar o alto custo dos protetores, mas agora em uma perspectiva mais macrossocial, algumas cartas solicitaram a elaboração de projetos de lei que disponibilizassem fotoprotetores para famílias em vulnerabilidade social. Para além de uma reivindicação visando interesses individuais, as cartas vão na direção de uma mudança coletiva, considerando uma concepção freireana de que qualquer transformação deve dar-se em direção à constituição de uma sociedade mais justa e igualitária, efeito de uma educação humanística em busca da superação das desigualdades sociais (Freire, 1983).

Solicitamos doações de protetor solar para os trabalhadores de baixa renda, que precisam se expor ao sol para obter recursos para sobreviver e sustentar suas famílias. Além disso, esta carta é para que haja uma verba para roupas de proteção fator 50, a fim de que a proteção da pele seja eficaz. O governo não pode omitir tal investimento, pois coloca em risco a saúde dessas pessoas. Portanto, sugerimos a criação de um projeto de lei que venha a beneficiar as pessoas sem condições financeiras com protetores solares e demais recursos para obter roupas apropriadas para tal exposição. (Carta 7 - A26, A33 e A34, negrito nosso)

As cartas se configuraram como espaço privilegiado para que os estudantes evidenciassem a participação da sociedade na tomada de decisões, portanto na *identificação de contradições e estabelecimentos de mecanismos de pressão (4P)*. Essas contradições identificadas pelos estudantes se referem a lógica capitalista de maximização dos lucros e redução dos custos em detrimento de proporcionar à população fotoprotetores a preços mais justos e acessíveis.

Outra reivindicação bastante presente nas cartas foi a necessidade do desenvolvimento de ações (campanhas) de conscientização sobre a importância do uso do protetor solar, conforme podemos ver nos trechos a seguir:

Ilustres Vereadores e Vereadoras.

Venho por meio desta carta expressar minha profunda preocupação e destacar a grande importância de promover a conscientização sobre o uso do protetor solar em nossa comunidade. Como cidadão(a) engajado(a) e preocupado(a) com a saúde e o bem-estar dos nossos munícipes, sinto-me na obrigação de compartilhar informações valiosas sobre os riscos da exposição excessiva ao sol e a necessidade de proteger nossa população dos danos causados pelos raios ultravioleta (UV). [...] É fundamental promover campanhas educativas em escolas, centros comunitários e locais públicos para disseminar informações sobre a importância do uso adequado do protetor solar e como escolher o produto mais adequado para cada tipo de pele. [...] A implementação de medidas efetivas para promover o uso do protetor solar trará benefícios significativos, tanto para a saúde individual quanto para a coletividade. (Carta 3 - A3, A20 e A41)

Também, que ajude a divulgar informações, através de campanhas de conscientização, sobre a importância do uso do protetor solar para a saúde da população. (Carta 4 - A5)

Conclui-se que para resolver tal situação dever-se-ia promover campanhas de incentivo e de como usar de forma correta e também o governo liberar protetor de graça ou acessível para o povo brasileiro. (Carta 14 - A28).

Nessa perspectiva, podemos inferir que os educandos acreditam que as campanhas de conscientização têm um papel fundamental na propagação de informações à população. Trata-se de um conjunto de ações capaz de comunicar a sociedade sobre os problemas que demandam uma tomada de decisão por parte dos sujeitos envolvidos (Silva, 2016). Nessa perspectiva, é por meio da educação, do diálogo com o outro, com a comunidade, que é possível a desnaturalização de práticas, bem como a superação de limites explicativos que os sujeitos apresentam acerca de suas próprias realidades. Antes da tomada de decisão, é necessária a tomada de consciência das situações reais nas quais se vive e que, de alguma maneira, possam impedir de se constituir como um *ser mais humano*.

Particularmente, a contribuição que conhecimentos oriundos das ciências da natureza podem dar para a constituição do ser mais, na perspectiva da alteridade freireana, implica que educadores estabeleçam práticas educativas que oportunizem a emergência da consciência real efetiva, compartilhada por aprendizes a respeito de situações vividas que estão inviabilizando o seu ser mais. (Silva e Delizoicov, 2021, p. 7)

A aluna A18 menciona em sua carta a relevância das campanhas de conscientização e requer a determinação de uma data oficial. “[...] todos da câmara junto com o prefeito da cidade deveriam tornar isso oficialmente uma campanha de uso de protetor solares, contribuindo em doações e ajudar a ter uma data para o dia dessa campanha” (Carta 6 - A18). Além disso, complementa afirmando que “[...] se as pessoas tornarem público nas redes sociais também seria bom, como usar # para a campanha. #useprotetorsolar #protetorsolar #campanhauseprotetorsolar”. Ainda nesse sentido, A19 sugere a criação de uma campanha com o intuito de potencializar os conhecimentos sobre os riscos da exposição solar. Para isso, sugere que a prefeitura local coloque em prática a Lei nº 14.539, de 31 de março de 2023, que instituiu a Campanha de Prevenção da Exposição Indevida ao Sol.

A nossa sugestão seria que a prefeitura colocasse em prática a Lei nº 14.539, de 31 de março de 2023, que instituiu a Campanha de Prevenção da Exposição Indevida ao Sol. Elaborando algum tipo de campanha para conscientizar e levar conhecimento para a população sobre os riscos de tal ato. (Carta 5 - A19)

No âmbito da sequência didática desenvolvida, a elaboração da carta aberta foi muito potente para o **desenvolvimento de compromissos sociais**, haja vista sua intencionalidade de transformação da realidade. Em todas as cartas os estudantes enfatizaram a preocupação com a saúde e bem-estar dos moradores da sua comunidade, bem como a importância da promoção de ações de conscientização. Strieder e Kawamura (2017) afirmam que o desenvolvimento de compromisso social se dá quando a educação científica busca o desenvolvimento de competências para que a sociedade tenha condições de enfrentar problemas de naturezas variadas a partir de uma leitura crítica da realidade.

Assim, mais do que contextualizar o conhecimento, compreender o mundo, questioná-lo e/ou se posicionar, de acordo com esse propósito, o que guia a educação é a busca por uma transformação de mundo; a busca por encaminhamentos para problemas reais, que afligem a sociedade com a qual a escola se encontra. Envolve, portanto, ações concretas de intervenção na realidade. (Strieder e Kawamura, 2017, p. 46)

Na relação direta entre o conhecimento e a realidade, essa perspectiva vai ao encontro de pressupostos freireanos no sentido de abordar o seu entorno e examiná-lo para transformá-lo. “Quando o homem compreende sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procurar soluções. Assim, pode transformá-la e com seu trabalho pode criar um mundo próprio: seu eu e suas circunstâncias” (Freire, 1983, p. 30).

A nosso ver, a busca pela implementação de ações que visem o bem-estar social junto ao poder público demonstra certa compreensão sobre políticas públicas e uma participação no âmbito das esferas políticas (5P). Ou seja, é nesse nível que a interação e a negociação entre a população e os especialistas devem ser enfatizadas (Strieder e Kawamura, 2017; Silva, 2016). Ainda no que concerne a presença do parâmetro 5P, podemos destacar a importância da formação do pensamento crítico (Silva, Marbà-Tallada e Márquez Bargalló, 2024), como por exemplo, quando os estudantes assumem a responsabilidade de poder contribuir em prol dos anseios da comunidade, como no trecho destacado a seguir: “Agradeço sinceramente sua atenção a este assunto crucial e fico à disposição para contribuir no que for necessário para a implementação de ações que visem à conscientização sobre a importância do protetor solar em nossa cidade” (Carta 3 - A3, A20 e A41).

Podemos realçar ainda alguns pontos apresentados pelos alunos que são considerados fundamentais para a reivindicação do desenvolvimento de ações concretas, como por exemplo parcerias entre empresas e órgãos de saúde e a criação de incentivos fiscais.

Parcerias com empresas e órgãos de saúde: É fundamental estabelecer parcerias com empresas e profissionais de saúde para promover a distribuição gratuita ou a preços acessíveis de protetor solar, especialmente para pessoas de baixa renda e grupos vulneráveis [...] Propomos a criação de incentivos fiscais para empresas que produzem ou comercializam protetor solar, a fim de estimular a fabricação e a oferta desse produto fundamental para a proteção da saúde da população. (Carta 3 - A3, A20 e A41)

Os estudantes, ao proporem alternativas que visem facilitar a aquisição do protetor solar para pessoas de baixa renda e grupos vulneráveis, reforçam a concepção de ter cidadãos bem-informados e capacitados para lidar com questões complexas que envolvam ciência, tecnologia e sociedade. Ainda nesse aspecto, a discussão sobre a criação de incentivos fiscais a fim de estimular a fabricação e oferta desse produto, representa um caminho possível no que concerne à participação ativa dos cidadãos, frente a decisões públicas, com a intenção de promover um novo modelo de desenvolvimento científico e tecnológico que atenda a sociedade em geral (Silva, 2016).

De certa forma, podemos inferir que mesmo que em menor intensidade, e de maneira implícita, a atividade da carta aberta só foi possível a partir de uma *discussão sobre a necessidade de adequações sociais* (5D) no que se refere ao desenvolvimento tecnológico e de uma *abordagem sobre as insuficiências da ciência* (5R) no que se refere à racionalidade científica. A percepção de que não é qualquer inovação tecnológica que resultará em desenvolvimento social, bem como a conclusão de que mais ciência e tecnologia não necessariamente conduzirá ao bem-estar social, contribuiu para instigar os estudantes nas ações e reivindicações (Roso, Auler e Delizoicov, 2020).

A partir das considerações apresentadas, podemos considerar que a construção da carta aberta contribuiu para que os estudantes conseguissem utilizar o conhecimento adquirido ao longo das aulas para entender o seu papel na sociedade enquanto cidadão e, desse modo, pensar numa perspectiva de transformação social. Essa atividade foi determinante para que os estudantes potencializassem o senso crítico e, o mais importante, exercessem o seu poder de decisão, ou seja, promovendo o desenvolvimento da autonomia. Nesse sentido, a participação ativa dos estudantes é fundamental na construção de seu próprio conhecimento, principalmente, quando envolve uma compreensão crítica do mundo ao seu redor (Freire, 2019).

IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da elaboração de uma carta aberta nos permitiu inferir que o desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais foram pautados ao longo de toda a atividade. Como já destacaram Strieder e Kawamura (2017), esses propósitos e parâmetros da educação CTS aparecem na prática educativa, muitas vezes, entrelaçados e complementares, algo que qualquer tipo de categorização e modelização não seria capaz de evidenciar. A nosso ver, isso evidencia a potencialidade da proposta didática como um todo, com a possibilidade de apontar para caminhos distintos na direção de promover uma aprendizagem que seja problematizadora e que conduza o aprendiz a uma postura crítica diante da sociedade.

Como uma atividade de síntese e de culminância, a elaboração da carta aberta só pôde ser possível após todo o desenvolvimento da sequência didática, que permitiu a inserção dos estudantes em aspectos da cultura científica, bem como a percepção das relações intimamente imbricadas entre ciência, tecnologia e sociedade. Os estudantes perceberam que não se protegiam corretamente da radiação ultravioleta, se apropriaram dos conhecimentos científicos necessários para a tomada de consciência dos perigos da exposição à radiação ultravioleta, tomaram conhecimento das diversas medidas de fotoproteção, reconheceram como a problemática afeta a própria comunidade, refletiram sobre as causas sociais dessa problemática atingir sua comunidade e agiram diante dela por meio da tomada de decisões acerca de ações para a transformação da realidade. Por meio da elaboração da carta aberta, foi possível perceber o quanto os estudantes construíram argumentos bem fundamentados e foram capazes de participar ativamente de discussões pertinentes à sua vida em sociedade.

Durante a sequência didática, no que se refere ao *desenvolvimento de percepções*, aos poucos os estudantes transitaram entre o parâmetro da racionalidade científica e da participação social, de uma mera explicitação da presença da ciência no mundo (1R) para uma aquisição de informações e reconhecimento do tema relacionando-o com ciência e tecnologia (1P), como evidenciado nas cartas. Assim, mesmo que em uma perspectiva em que a criticidade aumentou gradativamente, essa atividade contribuiu para o desenvolvimento de percepções entre o conhecimento científico escolar e o contexto dos estudantes. Ao final das atividades, os estudantes puderam atingir outro patamar de implicação com a problemática, alargando a percepção na medida em que percebiam que se tratava de um problema que não era só deles, mas sim coletivo.

No que tange ao *desenvolvimento de questionamentos* puderam conhecer e aprofundar sobre outras realidades presentes na comunidade, passando a discutir sobre os problemas, impactos e transformações sociais da ciência e tecnologia, envolvendo decisões coletivas (3P) e se constituiu como mecanismos de pressão identificando as principais contradições (4P), ou seja, como visto nos posicionamentos das cartas abertas, fazem um apelo coletivo e apontam para as principais consequências da problemática, danos à saúde da população.

A presença da perspectiva do *desenvolvimento de compromisso social*, foi contemplada pelos estudantes à medida que foram reconhecendo que a discussão da temática aponta para situações que exigem mudanças no contexto no qual estão inseridos, o que demonstra uma aproximação destes com a ciência e a tecnologia. Dessa forma, requer dos educandos, uma atuação como transformador de contextos sociais, sobretudo a partir da compreensão sobre políticas públicas e uma participação no âmbito das esferas políticas (5P).

O trabalho com o tema da radiação ultravioleta e medidas de fotoproteção demonstrou potencialidades para o rompimento com uma lógica curricular prescritiva, além de possibilitar um envolvimento do estudante junto ao seu contexto local. No trabalho com esse tema, que a nosso ver é de extrema relevância para o ensino de Física na educação básica, e mais ainda para o contexto no qual a escola estava inserida, os educandos tiveram a oportunidade de

conhecer e discutir sobre diferentes questões de relevância social, além disso, tiveram uma maior participação diante da temática sob uma perspectiva crítica.

A sequência didática construída e conduzida a partir de uma perspectiva CTS tornou o aprendizado mais relevante, principalmente, por proporcionar que os estudantes enxergassem uma relação entre os conhecimentos científicos e o seu cotidiano, ou seja, características do desenvolvimento de percepções. A presença da perspectiva do desenvolvimento de questionamentos e compromissos sociais, foi contemplada pelos estudantes à medida que foram reconhecendo que a discussão da temática apontava para situações que exigiam mudanças no contexto no qual estavam inseridos, o que demonstrou uma aproximação destes com a ciência e com a tecnologia. Dessa forma, exigiu dos educandos, uma postura e uma atuação como transformadores do próprio contexto social. Consideramos ainda que, dada as características da atividade de elaboração da carta aberta, a expressão do desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais poderia ter sido diferente, sobretudo se considerarmos os diferentes caminhos que a sequência didática poderia ter tomado.

REFERENCIAS

Albuquerque, O. G. (2018). *Ensino das propriedades da radiação ultravioleta usando os três momentos pedagógicos*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional) – Fundação Universidade Federal do ABC, Santo André/SP.

Almeida, E. S. e Gehlen, S. T. (2019). Organização curricular na perspectiva Freire-CTS: propósitos e possibilidades para a educação em Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 21, 1-23.

Almeida, E. S. e Strieder, R. B. (2021). Releituras de Paulo Freire na Educação em Ciências: Pressupostos da Articulação Freire-CTS. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21, 1-24.

Alves, P. V., Querino, C. A. S., Rizzuti, B. F., Vaz, M. A. B., Querino, J. K. A. S. e Pinho, J. A. N. (2021). A importância do conceito da radiação solar na educação básica: a percepção de alunos do ensino médio sobre a temática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, 1-7.

Barcellos, L. D. (2017). *O ensino da interação radiação-corpo humano nos anos iniciais do ensino fundamental: uma abordagem investigativa e colaborativa com enfoque ciência, tecnologia e sociedade*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES.

Bazerman, C. (2005). *Gêneros textuais, tipificação e interação*. Em Â. P. Dionísio e J. Hoffnagel (Org). Revisão técnica Ana Regina Vieira et al. São Paulo: Editora Cortez.

Bogdan, R. e Biklen, S. K. (1982). *Qualitative Research for Education*. Boston, Allyn and Bacon, Inc.

Brandão, C. R. e Borges, M. C. (2007). A pesquisa participante: um momento da educação popular. *Rev. Ed. Popular*, Uberlândia, 6(3), 51-62.

Brito, E. N. R., Giroto, L. C. e Bastos, R. L. (2022). O Grupo Caixa Preta e o Curso Bruno Latour no Sertão: ensino de Antropologia da Ciência e da Técnica na pandemia. *CTS em foco*. 2(1), 76-82.

Dafre, A. L. e Maris, A. F. (2013). *Efeitos Biológicos das Radiações*. (1ª ed.). UFSC: Florianópolis.

Delizoicov, D., Angotti, J. A. e Pernambuco, M. M. (2009). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.

Dionysio, R. B., Chrispino, A., Carvalho, A. P. M., Menezes, R. F. A. e Xavier, G. P. O. (2020). Representatividade de Paulo Freire no ensino de CTS brasileiro: olhares por meio da análise de redes sociais. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(3), 460–476.

Fernandes, F. A. (2024). *Sequência didática investigativa sobre a qualidade da água de três pontos da enseada da Praia do Siqueira (Laguna de Araruama - RJ) como estratégia para o ensino de Biologia: uma proposta de aula dinâmica*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ.

Ferreira, D. T., Staudt, M., Freitas, N. M. S. Raposo, E. O. e Freitas, N. M. S. (2013). Consumo e Sustentabilidade: uma abordagem a Pegada Ecológica no Ensino de Ciências. In: *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, ABRAPEC, Águas de Lindóia/SP.*

Fortunato, D. (2012). *Matéria e Radiação: articulação entre física e saúde na perspectiva de uma prática docente reflexiva.* Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da vida e saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

Franco, L. W. (2018). *Radiação UV: efeitos, riscos e benefícios à saúde humana – proposta de sequência didática para o ensino médio.* Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP.

Freire, P. (1983). *Educação e Mudança.* Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Freire, P. (2019). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa.* São Paulo: Paz e Terra.

Gama, A. C. (2018). *Análise de uma Hipótese Curricular desenvolvida no Ensino Médio Politécnico com enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade): Aprendizagens construídas.* Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Censo Demográfico 2010: Sinopse.* Recuperado de: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/tangara/panorama>

Kawabata, A., Andrade, D., Truffi, L. e Pazzini, P. (2021). Discutindo fauna urbana e desmatamento na perspectiva CTSA. Em D. L. Scarpa et al. (Org). *Sequências Didáticas para o Ensino de Ciências da Natureza e Biologia* (164-212). São Paulo: IBUSP; FEUSP.

Leite, A. M. C. (2014). *Cadeias Referenciais em Textos do Gênero Carta Aberta Um Projeto Didático para a Educação de Jovens e Adultos.* Tese (Programa de Pós-graduação em Estudos Linguísticos) - Faculdade de Letras, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG.

Maraschin, A. A., Fonseca, E. M. e Lindemann, R. H. (2023). Freire-CTS e/ou CTS-Freire? Contribuições para o Ensino de Ciências. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia.* Florianópolis, 16(1), 319-343.

Mozena, E. R. e Ostermann, F. (2014). Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino de Ciências da Natureza. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 16(2), 185-206.*

Muenchen, C. e Auler, D. (2007). Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. *Ciência & Educação, Bauru, 13(3), 421-434.*

Oliveira, S. (2015). *Limites e potencialidades do enfoque CTS no ensino de Química utilizando a temática qualidade do ar interior.* Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática) - Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR

Oliveira, A. C. (2019). *Sequência didática para abordagem em física sobre radiações solares do tipo ultravioleta e fotoproteção.* Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE.

Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F. e Bazzo, W. A. (2009). O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. *Revista Iberoamericana de Educación, 49(1), 1-14.*

Ribeiro, D. N. C. (2016) *A água para o consumo humano: ensino por meio de temas com abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.* Dissertação (Mestrado em Docência em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Pará, Belém/PA.

Roso, C. C., Auler, D. e Delizoicov, D. (2020). Democratização em processos decisórios sobre CT: o papel do técnico. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia.* Florianópolis, 13(1), 225-249.

Santos, W. L. P. (2008). Educação científica humanista em uma perspectiva freiriana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria, 1(1), 109-131.*

- Santos, W. L. P. (2012). Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. *Amazônia: Revista de educação em ciências e matemáticas*, 9(17), 49-62.
- Santos, W. L. P. e Mortimer, E. F. (2002). Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2), 110-132.
- Santos, W. L. P. e Schnetzler, R. P. (2014). *Educação em química: compromisso com a cidadania*. (4a ed). Ijuí, RS: Ed. Unijuí.
- Silva, R. L. J. (2016). *Tema água: uma contribuição para o desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências - Mestrado Profissional) – Universidade de Brasília, Brasília/DF.
- Silva, P. F. K. (2017). *Radiações solares: a abordagem do tema na educação básica*. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande/RS.
- Silva, W. (2017). *Radiação ultravioleta: inserção de física moderna no ensino médio por meio dos efeitos biológicos da radiação UV*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/MG.
- Silva, A. F. G. e Delizoicov, D. (2021). Alteridade, Pesquisa na Educação em Ciências e a Perspectiva Freireana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21, 1-24.
- Silva, M. G. L., Marbà-Tallada, A. e Márquez Bargalló, C. (2024). Da leitura da realidade à ação problematizadora: uma análise do nível de consciência no desenvolvimento do pensamento crítico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 24, 1-35.
- Strieder, R. B. (2008). *Abordagem CTS e ensino médio: espaços de articulação*. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Strieder, R. B. e Kawamura, M. R. D. (2017). Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. Florianópolis, 10(1), 27-56.
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.