



Impactos ambientais nas cidades: uma sequência de atividades CTS no Ensino Fundamental

Environmental impacts in cities: a sequence of activities based on STS in Elementary School

Impactos ambientales en las ciudades: una secuencia de actividades CTS en la Educación Primaria

Gabriel Silva Gomes

Universidade Federal do Rio de Janeiro
gabrielgomes1883@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-3194-3439>

Bianca da Luz Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro
biancapereira2007@yahoo.com.br
<https://orcid.org/0000-0003-3229-7956>

Daniel Loura Henrique

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
dlourahenrique@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-1966-6769>

Mylena Freitas Lima

Universidade Federal do Rio de Janeiro
mylena.freitas8@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-6270-0770>

Joaquim Fernando Mendes da Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro
joaquim@iq.ufrj.br
<https://orcid.org/0000-0002-2339-3017>

Resumo

No presente artigo, apresentamos um conjunto de atividades realizadas com uma turma do 5º ano do Ensino Fundamental fundamentadas no enfoque CTS e na Educação Ambiental Crítica, cujo tema principal foi a diferenciação entre efeito estufa e aquecimento global, compreendendo as suas causas, com enfoque nos riscos da ação humana para o ambiente. Estas atividades envolveram histórias em quadrinhos, experimentos e a construção de um painel representando



do uma cidade sustentável. Os resultados obtidos com tais atividades são expostos por meio de uma análise de conteúdo qualitativa baseada em registros escritos e de uma comparação entre os painéis produzidos por cada grupo de alunos. O trabalho enfatizou a necessidade de discutir a crise ambiental abordando o conteúdo científico integrado com o contexto social, visando formar cidadãos capazes de tomar decisões, debater os problemas ambientais e atuar politicamente na construção de cidades sustentáveis. Além disso, apontou o benefício de se trabalhar com uma sequência contínua de atividades relacionadas entre si que possibilite ao professor avaliar a mudança das concepções dos alunos no decorrer dos meses, como foi observado neste trabalho com o desenvolvimento gradual na compreensão e distinção das causas e consequências do efeito estufa e do aquecimento global.

Palavras-chave: Educação ambiental; Ensino de Ciências; Fenômenos climáticos; Formação cidadã.

Abstract

In this paper, we present a set of activities carried out with the last grade of Elementary School based on STS education and critical environmental education, whose main theme was the differentiation between the greenhouse effect and global warming and the understanding of their causes, focusing on the risks of human action to the environment. These activities consisted of short comics, experiments and construction of a panel representing a sustainable city. The obtained results were investigated through qualitative content analysis based on written answers and a comparison between the panels created by each group of students. This research showed the necessity of discussing the environmental crisis by approaching scientific concepts in connection with their social contexts, aiming to form citizens capable of making decisions, debating environmental issues and being politically active in the construction of sustainable cities. Furthermore, it highlighted the benefit of making a continuous and interconnected sequence of activities that allows teachers to evaluate the changes in their students' thinking throughout the activities, as was observed in this research in regards to the gradual improvement in comprehension and distinction of the causes and consequences of the greenhouse effect and global warming.

Keywords: Environmental education; Science teaching; Climate phenomena; Citizenship formation.

Resumen

En este artículo, presentamos un conjunto de actividades llevadas a cabo con una clase del último año de la Educación Primaria basadas en la educación CTS y la Educación Ambiental Crítica cuyo tema principal fué la diferenciación entre el efecto invernadero y el calentamiento global y la comprensión de sus causas, enfocándose en los riesgos de la acción humana para el medio ambiente. Estas actividades fueron formadas por cómics, experimentos y la construcción de un panel que representa una ciudad sustentable. Los resultados obtenidos son exhibidos por medio de un análisis de contenido cualitativa basada en respuestas escritas y de una comparación de los paneles producidos por cada grupo de estudiantes. Esta investigación reforzó la necesidad de discutir la crisis ambiental en conexión con sus contextos sociales, buscando formar ciudadanos capaces de tomar decisiones, discutir asuntos ambientales y actuar políticamente en la construcción de ciudades sustentables. Además, indicó lo beneficio



de trabalhar con una secuencia integrada de actividades que permite al profesor evaluar los cambios en las concepciones de los estudiantes a lo largo de los meses, como se observó aquí con lo desarrollo en la comprensión y distinción de las causas y consecuencias del efecto invernadero y del calentamiento global.

Palabras clave: Educación ambiental; Enseñanza de ciencias; Fenómenos climáticos; Formación ciudadana.

Introdução

A influência do desenvolvimento científico na sociedade culminou na ampla implementação de uma pedagogia de cunho tecnicista nas escolas, marcada pela lógica do capital e pelos princípios de racionalidade, eficiência e produtividade (Saviani, 2021). Até mesmo a Educação Ambiental (EA) pode ser adequada a tais lógicas pois, apesar do que logo se imagina, ela não é intrinsecamente transformadora (Loureiro, 2003).

De fato, em muitas instituições de ensino é assim que a educação em geral - e a EA em particular - se enquadra. Para que esta seja um elemento de transformação, e não de conservação da realidade capitalista, ela precisa se pautar no exercício da cidadania e na ação política coletiva (Loureiro, 2003; Loureiro & Lima, 2009). Tratando-se de questões relacionadas à ciência, isso deve ser fundamentado no conhecimento científico cuja socialização é papel da escola (Saviani, 2021) desde o Ensino Fundamental.

A proposta curricular CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) é uma possibilidade de caminho nesta direção, pois aborda os conceitos científicos e os avanços tecnológicos em conjunto com os seus aspectos sociais, históricos, políticos, éticos e ambientais, tendo como um de seus principais objetivos o incentivo à tomada de decisão e resolução de problemas (Santos & Mortimer, 2000) Assim, a educação CTS busca desenvolver uma reflexão acerca da produção e utilização da tecnologia na sociedade e formar cidadãos que articulem essas questões com o conhecimento científico (Santos, 2012). Convém, portanto, expandir aqui a discussão do ensino CTS e suas interseções com a EA.

Contextualização teórica

O enfoque CTS, amplamente discutido e aplicado no ensino de ciências, apresenta uma diversidade de vertentes e métodos de implementação. Ele teve início na década de 1970, um período marcado por avanços científicos e tecnológicos em escala global (Silva, 2015). Contudo, paralelamente a esses avanços, surgiram crescentes preocupações acerca dos impactos dessas transformações na sociedade e no meio ambiente, especialmente no contexto pós-guerra. Assim, o movimento CTS surgiu impulsionado pela necessidade de uma reflexão crítica sobre o papel da ciência e da tecnologia no mundo, bem como de alinhá-las com as necessidades e preocupações da sociedade. Busca-se uma abordagem mais responsável e ética no desenvolvimento e na aplicação da ciência e da tecnologia, reconhecendo que esses domínios não são neutros,



mas moldados por fatores sociais, políticos, culturais e econômicos e, simultaneamente, exercem influência significativa sobre esses mesmos contextos (Pinheiro et al., 2007).

No contexto brasileiro, o movimento CTS começou a ganhar destaque por volta da década de 1990 e, ao longo do tempo, sua influência cresceu significativamente (Auler & Bazzo, 2001). Uma das abordagens disseminadas é a integração da concepção humanística de Paulo Freire ao enfoque CTS. A pedagogia freireana, conhecida por sua ênfase na educação como prática social contextualizada, onde a problematização é uma ferramenta central para a análise crítica da realidade (Freire, 2022), está intrinsecamente alinhada às diretrizes do CTS. Nessa perspectiva, a educação não é vista como algo separado do contexto social, mas sim como uma ferramenta para a compreensão e transformação desse contexto. Santos (2008, p.122) destaca que:

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.

Outro ponto relevante do enfoque CTS que encontra ressonância na perspectiva freireana é a análise da relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade com as questões ambientais. Este aspecto evidencia a interdependência entre os avanços científicos e tecnológicos e os desafios ambientais enfrentados pela sociedade contemporânea. A integração das questões ambientais ao enfoque CTS é tão significativa que alguns movimentos optam por utilizar a sigla CTSA, adicionando o A de Ambiente (Luz et al., 2019). No entanto, neste trabalho, optamos por manter a sigla CTS, pois reconhecemos o ambiente como uma dimensão intrínseca e transversal em todas as discussões abordadas no enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade.

CTS e Educação Ambiental Crítica

A sensibilização das pessoas para os desafios ambientais globais é uma das principais contribuições da Educação Ambiental. Ao destacar a interconexão entre ações individuais e problemas ambientais de escala global, ela incentiva tanto ações individuais quanto coletivas em prol da sustentabilidade (Andrade, 2019). É inegável que desastres causados por grandes indústrias representam uma ameaça significativa ao meio ambiente. Casos como o desastre ocorrido em Brumadinho-MG em 2019, resultado do rompimento da barragem de rejeitos de mineração do Córrego do Feijão, pertencente a uma das maiores mineradoras do mundo (Almeida et. al, 2019), revelam os graves impactos quando o lucro é priorizado em detrimento da segurança ambiental e humana. Nestes momentos, a Educação Ambiental Crítica desempenha um papel crucial ao conscientizar as pessoas sobre as causas desses desastres, ao exigir mudanças efetivas nas práticas industriais e nas políticas governamentais, assim como ao se chegar a uma reflexão realmente crítica acerca da questão ambiental mundial que vá além das práticas individuais, apesar destas também serem necessárias.

Loureiro e Lima (2009) enxergam na Educação Ambiental Crítica uma integração com o enfoque CTS, pois esta vertente também aponta a necessidade de discutir a crise ambiental em



associação com aspectos político-sociais e se preocupa em formar pessoas capazes de tomar decisões e de intervir politicamente sobre estes problemas. Opondo-se à tendência tecnicista, ela busca a compreensão de que os impactos ecológicos são efeitos de um modelo civilizatório baseado em opções políticas nocivas à vida social e natural e na subordinação da natureza (Lima, 2009).

Fundamentando-se nestes princípios da Educação Ambiental Crítica, a Agenda 2030 emerge como uma etapa essencial (Soares, 2022). Proposta pela ONU, a Agenda 2030 é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), cada um acompanhado de metas específicas. Ao desenvolver habilidades que facilitam o alcance dos ODS e capacitar os estudantes a se tornarem agentes de mudança em seu entorno, a educação desempenha um papel crucial na realização desses objetivos (Silva & Pontes, 2020).

Assim, é relevante ressaltar a importância de uma abordagem ampla das questões socioambientais no contexto educacional, visando não apenas transmitir conhecimentos científicos, mas também promover valores de cidadania e ética. A abordagem CTS busca estabelecer conexões entre o indivíduo, as atividades humanas e o meio ambiente, incentivando uma reflexão crítica sobre o uso dos recursos naturais e suas consequências para a sociedade e para o planeta.

Por fim, é necessário salientar que, estando o ser humano integrado na natureza e a ação humana sendo, portanto, parte natural do meio, esta pode tanto destruir quanto construir o ambiente, evidenciando a capacidade humana de causar danos ou promover a regeneração ambiental. Sendo assim, o desenvolvimento da ciência e tecnologia pode ser utilizado a favor ou contra a preservação ambiental, e as ações de responsabilidade devem ser tomadas por todos os membros da sociedade. Desta forma, são feitas diferenciações entre fatores antrópicos e fatores sem influência antrópica para melhor entendimento das atividades.

Método

Diante destes objetivos congruentes entre a educação CTS e a Educação Ambiental Crítica, foi elaborada uma sequência de atividades cujo tema principal foi a distinção entre o aquecimento global e o efeito estufa e as causas e consequências destes fenômenos, enfatizando os perigos da ação humana, assim como provocar formas dos estudantes trabalharem a tomada de decisão voltadas à resolução destes problemas.

Iniciaremos expondo o que foi realizado com a turma para, em seguida, indicar os métodos de análise de dados escolhidos para escrever os resultados desta pesquisa.

A sequência de atividades

A concepção dessa sequência teve como base o conteúdo programático bimestral de uma turma com 30 alunos de 10 e 11 anos do 5º ano do Ensino Fundamental de uma instituição de ensino no Rio de Janeiro, Brasil. Ela consistiu em uma sequência de oficinas mensais em maio, junho e julho de 2023, com uma hora de duração cada. Foram realizadas três atividades diferentes conectadas ao redor do



tema central, o aquecimento global. Em todas as atividades, os alunos foram separados em 5 grupos e acompanhados por dois mediadores que conduziam a atividade e anotavam as falas dos alunos.

Primeira atividade (maio): efeito estufa

A primeira oficina se iniciou discutindo o efeito estufa como fenômeno natural, diferenciando-o das causas do agravamento de origem antropogênica que serão tratadas nas atividades posteriores. Como instrumento didático, foi utilizada uma história em quadrinhos (HQ) interativa elaborada pelos autores, construída de forma a apresentar a história e envolver os alunos na problemática exposta para que possam contribuir com a resolução ou explicação do fenômeno ocorrido ao escrever nos espaços reservados para tal, seja através dos conhecimentos trazidos por eles ou dos construídos ao longo da atividade. Logo no primeiro quadrinho da HQ (Figura 1), os grupos foram apresentados a uma cientista que estuda os fenômenos atmosféricos da Terra que os convida a ajudá-la e os questiona se eles conhecem o efeito estufa e sua causa.

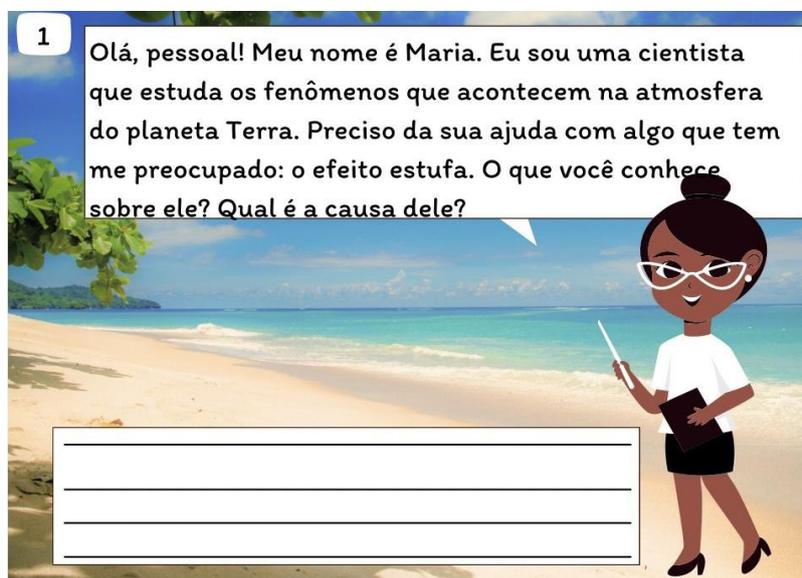


Figura 1. Primeiro quadrinho da HQ de maio

Além da HQ, foi realizado um experimento adaptado de Almeida (2017) em que seis garrafas PET eram aquecidas sob diferentes condições: i) sendo iluminadas por lâmpadas de luz infravermelha ou luz branca; ii) contendo ou não areia; iii) tendo sido ou não adicionados comprimidos geradores de gás carbônico dentro das garrafas. O objetivo foi observar, com auxílio de termômetros digitais, a temperatura inicial e as temperaturas após dois intervalos de 15 minutos e debater a influência das diferentes variáveis no aquecimento do meio interno das garrafas.

Segunda atividade (junho): aquecimento global

A segunda atividade prosseguiu tratando do aquecimento global. O recurso da HQ também foi utilizado nesse mês, contendo o personagem de um geógrafo que estava pesquisando os impactos do aquecimento global no nível do mar, na diminuição da quantidade de peixes e focas no Ártico e no derretimento das calotas polares. Ele acreditava que essas transformações poderiam estar relacionadas ao aquecimento global e convidava os alunos a explicar esse fenômeno.

Para complementar a discussão, foi realizado um experimento que consistiu na observação de duas pequenas maquetes de cidades litorâneas iluminadas por luz branca e infravermelha. Nas maquetes havia um pequeno cubo de gelo que foi derretido em tempos distintos em função do aquecimento produzido por cada tipo de lâmpada, inundando a cidade. O objetivo foi relacionar esse experimento ao aquecimento global e discutir os conceitos de mudança de estado físico com o derretimento do gelo e o conseqüente aumento do nível do mar. Aqui, também deve ser incluída uma explicação sobre a propriedade que a água possui de aumento do volume no estado sólido em relação ao líquido, de forma que a turma possa diferenciar a alteração no nível do mar que seria causada pelo gelo continental e pelo gelo marinho.

Terceira atividade (julho): cidades sustentáveis

Na última oficina, foi realizada uma atividade avaliativa. Os grupos receberam uma placa de metal contendo imagens coladas em ímãs que compunham uma cidade não-sustentável (Figura 2). Solicitou-se então aos estudantes que substituíssem essas figuras por outras disponíveis, com o objetivo de transformá-la em uma cidade sustentável. Cada grupo também nomeou a cidade que construiu.



Figura 2. Modelo inicial das placas representando uma cidade não-sustentável.



A análise dos dados

A coleta de dados foi realizada a partir de anotações e observações dos mediadores ao longo da condução das atividades; dos registros escritos pelos alunos nos espaços indicados nas duas HQs; e por fotos tiradas pelos mediadores das placas de metal construídas pelos grupos na atividade final de avaliação.

A partir desta coleta, foi conduzida uma série de análises. Em primeiro lugar, foi realizada uma análise de conteúdo das duas HQs. A análise de conteúdo é uma metodologia de pesquisa utilizada para descrever e interpretar um conjunto de dados, objetivando prover uma compreensão destes que vá além de uma leitura comum e partindo da interpretação dos pesquisadores (Moraes, 1999). Ela consistiu na criação de categorias que identificam padrões de respostas dos alunos, possibilitando verificar a evolução de seus argumentos no decorrer dos meses de atividades.

Já com as placas metálicas montadas na última atividade, foi realizada uma comparação entre as modificações feitas à placa original da cidade não-sustentável por cada grupo. Esta parte dos resultados não se deteve somente nas fotos das placas, mas também nas discussões dos alunos entre si e com os mediadores para chegar ao produto final.

Resultados e sua discussão

Os resultados deste trabalho se encontram subdivididos em três partes. A primeira contém a análise de conteúdo realizada a partir dos registros encontrados na primeira HQ (referentes à atividade em maio). A segunda parte também contém uma análise de conteúdo; desta vez sobre os registros da segunda HQ (referentes à atividade em junho), além de uma observação sobre o experimento desta visita. A terceira e derradeira parte contém uma comparação entre o produto final criado por cada grupo de alunos na terceira atividade (realizada em julho): as placas metálicas com figuras representando uma cidade sustentável.

Análise de conteúdo da primeira HQ: o efeito estufa

Para dar início às discussões relacionadas aos impactos ambientais, a primeira atividade contou com uma HQ que tratava o tema de efeito estufa. Um objetivo central desta HQ foi a compreensão do conceito de efeito estufa e os impactos ambientais decorrentes de seu agravamento. Sendo assim, objetiva-se investigar as respostas dadas pelos alunos às questões apresentadas, examinando os textos por meio de uma análise de conteúdo qualitativa abordada subjetivamente sob a ótica dos autores. Para isso, foi realizada uma leitura prévia do conteúdo escrito nas 22 HQs preenchidas, de modo que fosse possível determinar se elas cumpriram seu objetivo. Após esta avaliação prévia, para as três perguntas presentes na HQ, foram estabelecidas as seguintes unidades de registro:



1. Explicação sobre o efeito estufa: Com a primeira pergunta da HQ, os alunos foram estimulados a mostrar os conhecimentos prévios que trazem acerca do efeito estufa e suas causas e, com a ajuda dos mediadores, debateram as perguntas e registraram suas respostas. Esta unidade de registro tem, portanto, o objetivo de verificar a compreensão dos alunos acerca dos questionamentos apresentados.

2. Conclusão sobre o experimento: Em um segundo momento da HQ, os alunos observaram as 6 garrafas PET nos diferentes cenários detalhados no Método. Depois da realização do experimento, os alunos registraram sua compreensão a respeito do observado. Portanto, a finalidade desta unidade de registro é verificar se o experimento foi corretamente assimilado pelos alunos.

A partir da definição das unidades de registro, foram estabelecidas as seguintes categorias:

1. Menção às palavras “aquecer”, “esquentar” ou derivadas: A função desta categoria é analisar a explicação dada pelos alunos em relação ao efeito estufa e constatar se eles entenderam qual é a finalidade deste fenômeno, uma vez que ele contribui para a manutenção da vida na Terra.

2. Causa e consequências do agravamento do efeito estufa: Esta categoria busca avaliar as respostas que citam impactos causados pela intensificação do efeito estufa, tendo como causa principal a ação antrópica e como consequência, por exemplo, aumento das temperaturas, derretimento das calotas polares e aumento do nível do mar.

3. Associação entre a presença de gás carbônico e o aumento da temperatura: Com o objetivo de verificar o nível de domínio dos alunos após a realização do experimento, esta categoria explora a compreensão da presença de gás carbônico e sua relação com o aumento de temperatura no interior da garrafa.

Através do estabelecimento das unidades e categorias de registro, é possível observar com mais atenção as respostas apresentadas na HQ, sendo possível destacar os registros de alguns alunos. A fim de preservar as suas identidades, iremos nomeá-los como Aluno 1, Aluno 2, e assim sucessivamente.

Quando questionados sobre o que é o efeito estufa e qual a causa desse efeito, obtivemos algumas respostas como as apresentadas a seguir, que se conectam à categoria 1:

Aluna 1: *Efeito estufa é quando o sol aquece muito a Terra e é bom para nós seres humanos.*

Aluno 2: *Ele esquento nosso planeta, por isso que fica quentinho.*

Aluna 3: *Eu conheço sobre ele, é um efeito natural que mantém o planeta aquecido e possibilita a existência de vida.*

Aluna 4: *O efeito estufa é um processo natural que deixa o planeta aquecido e faz ter vidas na Terra.*

Aluno 5: *O efeito estufa é uma coisa que aquece a Terra.*

No total, houve 10 menções atreladas ao fato do efeito estufa aquecer/esquentar o planeta. Por meio destas respostas, podemos notar que estes alunos entenderam a influência deste fenômeno, tendo em vista que, por meio do efeito estufa, o planeta Terra torna-se habitável já que ele impacta nas temperaturas médias globais. Observamos também que alguns deles, como as Alunas 3 e 4, compreenderam a causa *natural* do efeito estufa. Este é um detalhe importante que será abordado novamente na análise da segunda HQ.



Entretanto, quando analisamos a totalidade das respostas apresentadas, podemos notar que houve certa dificuldade no entendimento e conceituação de efeito estufa. Foi comum a confusão entre o significado de efeito estufa, um fenômeno natural importante para a manutenção da vida na Terra, e o de aquecimento global, danoso e com contribuições antrópicas. Um exemplo pode ser mostrado a seguir:

Aluna 6: *Um fenômeno natural que deixa a Terra quente e causa problemas na Terra como: o gelo do Polo Norte derrete e o nível da água cresce.*

Ainda que a aluna entenda a causa natural deste fenômeno, ela apresenta a ideia de que o efeito estufa causa problemas na Terra. É o agravamento desse efeito, causado principalmente pela ação antrópica associada à indústria e ao desmatamento, que contribui drasticamente para os impactos que ela mencionou (Moreira et al., 2022). Nesse caso, foi possível observar que uma dificuldade existente esteve relacionada aos impactos causados pela intensificação desse efeito. Sendo assim, através da segunda categoria podemos analisar algumas respostas que, assim como a anterior, citam consequências geradas pela intensificação do efeito estufa.

Aluno 7: *Pois a temperatura aquece e é um efeito natural. Os gelos do Polo Norte derretem e vão para os mares e aumenta o nível do mar.*

Note que este aluno traz uma resposta similar a do anterior, também tendo a percepção de que o efeito estufa é um fenômeno natural, mas citando algumas consequências como se fossem naturais desse efeito e não causadas devido ao seu agravamento. Entretanto, alguns alunos resgataram a ação antrópica como causa principal desses impactos:

Aluna 8: *Ele é agravado pelas nossas ações e é quando a terra fica muito aquecida.*

A Aluna 8, assim como alguns outros, entendeu adequadamente os impactos gerados pela ação humana. Além de apresentarem essa informação na HQ, muitos deles resgataram essa ideia nas falas, citando exemplos do que poderia contribuir negativamente para as consequências geradas. No total, foram 7 menções escritas às consequências causadas pela intensificação do efeito estufa ou relacionadas à influência antrópica.

No que se refere à terceira categoria estabelecida, destacamos as seguintes conclusões:

Aluna 9: *O gás carbônico ajuda a água a ficar quente. A luz infravermelha também, junto com a areia.*

Aluna 1: *A areia e o comprimido ajudam a esquentar a água.*

Aluno 10: *Quanto mais gás carbônico, mais aquece o nosso planeta Terra.*

O experimento foi proposto com o objetivo de auxiliar no entendimento do efeito estufa e, ao verificar as respostas dadas, percebemos que os alunos tiveram uma boa compreensão



acerca da função do dióxido de carbono. Eles notaram que a presença do comprimido na garrafa e, conseqüentemente, a liberação de gás carbônico, contribuiu para o aumento da temperatura pois, uma vez que a concentração desse gás aumenta, a temperatura sobe, simulando, assim, o impacto provocado pela emissão exacerbada de gás carbônico na atmosfera terrestre e resultando no aquecimento global. Para exemplificar esse entendimento por parte dos alunos, podemos ver a resposta trazida pela Aluna 8:

Aluna 8: O gás carbônico ajuda a agravar o aquecimento se estiver preso.

Somaram-se 15 menções à presença de gás carbônico e sua relação com o aumento da temperatura no interior da garrafa.

Análise de conteúdo da segunda HQ: o aquecimento global

Assim como a análise feita das HQs de maio, procedeu-se a análise com as HQs de junho. Sendo assim, também foram estabelecidas unidades e categorias de registro para verificar as respostas dadas pelos alunos às questões que surgiram.

1. Explicação sobre o aquecimento global: Mediante os questionamentos desta HQ, os alunos discutiram e anotaram suas respostas. O caráter dessa unidade de registro é examinar a concepção dos alunos no que se refere às causas e conseqüências relacionadas ao aquecimento global.

Após definir esta unidade de registro, a seguinte categoria foi estabelecida, analogamente à primeira HQ:

1. Causas do aquecimento global: Esta categoria visa constatar o entendimento conceitual acerca do aquecimento global e suas causas ligadas principalmente às ações antrópicas, observando se os alunos conseguiram distinguir o fenômeno de efeito estufa e aquecimento global.

A principal conclusão que podemos chegar em relação a esta categoria é a melhora significativa na distinção conceitual entre efeito estufa e aquecimento global por parte dos alunos a partir da identificação da ação humana como causa deste. Enquanto na HQ anterior alguns alunos apresentaram dificuldade neste tópico, nesta HQ várias respostas demonstraram com clareza a compreensão de que o aquecimento global não é sinônimo de efeito estufa, mas sim o seu agravamento, e identificaram a ação antrópica como causa deste fenômeno.

Do total de 17 HQs respondidas neste dia, 7 apresentaram menções explícitas a ação humana, como exemplificado abaixo:

Aluno 11: Isso acontece pela mão do homem. Exemplo: desmatamento de árvores e poluição no ar aumentando a temperatura.

Aluna 9: Esse fenômeno pode ser "feito" pela própria natureza. Porém, o ser humano está provocando o aquecimento mais quente que o normal.



Além disso, houve uma HQ que mencionou esta ação apenas indiretamente ao tratar do desmatamento:

Aluno 12: *O aquecimento global é quando o planeta Terra fica mais quente e também o desmatamento causa o aquecimento global.*

Pode-se observar especialmente na resposta do Aluno 12 uma clara compreensão de que o efeito estufa é um fenômeno natural que, a partir da ação do ser humano, é agravado, ocasionando no que é chamado de aquecimento global.

Além destas, ainda houve três respostas que, apesar de não mencionarem a ação humana, demonstraram entendimento da não-naturalidade do aquecimento global em contraste com a naturalidade do efeito estufa.

Aluno 10: *O aquecimento global acaba aquecendo o planeta mais do que deve.*

Aluno 13: *Quando o efeito estufa aquece demais e acontece o aquecimento global.*

Esta compreensão foi um objetivo importante desde a HQ anterior, a qual tratou especificamente do efeito estufa e buscou destacá-lo como sendo um fenômeno natural. Respostas como as exemplificadas indicam um avanço perceptível nesse sentido. Apesar de não terem mencionado explicitamente o ser humano, o fato de escreverem que o aquecimento global é o agravamento “exagerado” do efeito estufa (“aquecendo o planeta *mais do que deve*” / “quando o efeito estufa aquece *demais*”) já indica que ele precisa de fatores externos que provoquem tal agravamento.

A importância deste objetivo se dá no fato de que a tomada de decisão e o exercício da cidadania, alicerces do ensino CTS, só serão incentivados nos alunos caso estes compreendam o impacto que a ação individual e coletiva possui no mundo natural e na sociedade.

Apenas um aluno manteve uma resposta que não foi de acordo com esta compreensão, em comparação com a quantidade relevante deste tipo de equívoco nas respostas da HQ do mês anterior.

Aluno 14: *É o efeito estufa que aquece o planeta Terra e deixa o planeta fora do normal.*

Ao escrever que o efeito estufa “deixa o planeta fora do normal”, este aluno demonstrou percebê-lo como um fenômeno que, além de não ser natural, é intrinsecamente negativo para o planeta. Essa visão foi mais comum no mês anterior, enquanto nesta segunda atividade abarcou somente uma exceção singular. Esse resultado positivo ressalta a importância que uma sequência de atividades possui para a consolidação e/ou correção dos conceitos trabalhados pela escola. Além disso, denota a necessidade de um olhar verdadeiramente avaliativo para com os registros dos alunos, que permita identificar as lacunas conceituais específicas da turma e agir diante delas, propondo atividades e reflexões direcionadas, ao invés de uma atitude puramente examinatória que se limita à classificação de certo ou errado e propõe atividades novas sem se basear no que veio anteriormente.



O experimento da cidade inundada

Esta atividade também incluiu um experimento onde os alunos observaram a inundação de maquetes de cidades litorâneas, como detalhado no Método. Eles escreveram na HQ uma hipótese do que aconteceu no experimento e nomearam o processo de transformação da água observado. Lendo os registros dos alunos, é possível apontar que associaram de forma correta que a causa do derretimento do gelo e, conseqüentemente, da inundação simulada estão relacionados ao aquecimento global. Uma resposta em específico pode ser destacada:

***Aluna 9:** O gelo que estava na tampa estava derretendo na luz infravermelha. O nível da água estava invadindo as cidades e isso representa o aquecimento global. O nome da mudança se chama fusão.*

O raciocínio da aluna demonstra a importância de uma contextualização que justifique a experimentação em sala de aula. Para uma prática experimental de valor, esse contexto é essencial, tanto para a conceitualização do observado no experimento quanto para evitar a espetacularização. Na resposta da aluna vemos que ela, com essa contextualização, fez a conexão entre o observado e a realidade, desenvolvendo não só uma compreensão de conceitos científicos mas também se apropriando criticamente desse conhecimento. Ela demonstrou compreender que desastres ambientais como o observado experimentalmente estão intrinsecamente ligados com a ação humana exploradora da natureza.

Comparação dos produtos da avaliação final: a construção de uma cidade sustentável

A placa inicial foi construída da maneira como demonstrada no Método, com a intenção de suscitar o máximo de discussões possíveis entre os alunos. Com base nestas discussões, eles justificavam as mudanças propostas, retirando as imagens existentes e/ou adicionando novas imagens.

Um dos problemas mais evidentes na cidade tinha relação com o lixo. A cidade original possuía muito lixo nas ruas, assim como no rio e próximo à nascente. As cidades “Campo Grande” (Figura 3), “Maravilhosa” (Figura 4), “Cidade do Ar Limpo” (Figura 5) e “Tropa do 5º ano” (Figura 6) retiraram todo o lixo da cidade e adicionaram lixeiras de coleta seletiva.



Figura 3. Montagem final da placa referente ao grupo “Campo Grande”.



Figura 4. Montagem final da placa referente ao grupo “Maravilhosa”.



Figura 5. Montagem final da placa referente ao grupo “Cidade do Ar Limpo”.

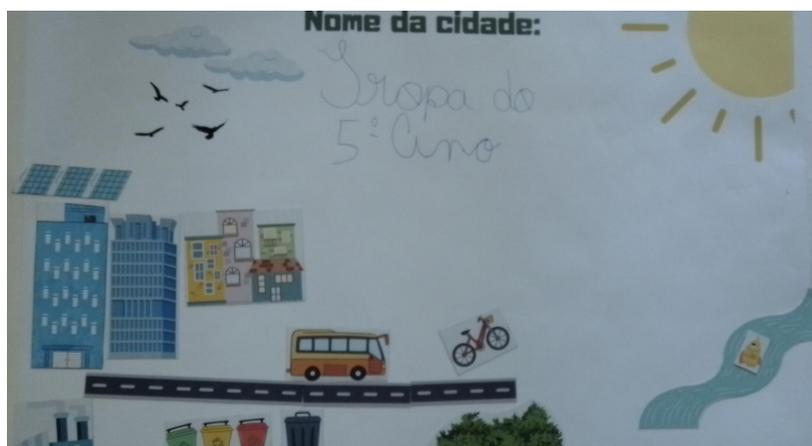


Figura 6. Montagem final da placa referente ao grupo “Tropa do 5º ano”.

Os alunos da “Cidade do Ar Limpo” chegaram a posicionar alguns dos itens de lixo sob as lixeiras corretamente de acordo com as cores referentes ao tipo de material para reciclagem: eles posicionaram a garrafa de vidro na lixeira verde, a latinha de metal na lixeira amarela e a garrafa plástica na lixeira vermelha. Os alunos da cidade “Lindolandia” (Figura 7) fizeram algo similar, posicionando uma sacola de lixo em cima de uma lixeira comum. Este grupo escolheu não adicionar as imagens de coleta seletiva alegando que a lixeira comum era suficiente. Eles também escolheram reunir todo o lixo da cidade no canto da placa metálica em uma espécie de lixão na posição oposta ao rio.



Figura 7. Montagem final da placa referente ao grupo “Lindolandia”.

O grupo de “Campo Grande” teve a percepção de posicionar as lixeiras entre as casas e prédios da cidade, um detalhe ausente nos outros grupos que posicionaram a lixeira comum e as de coleta seletiva em conjunto em um canto específico do painel. Esta decisão foi marcante pelo fato deles terem demonstrado preocupação com a distribuição de lixeiras ao redor da cidade, um fator de suma importância para a conscientização acerca do descarte de lixo.

Assim, este fator do lixo nas cidades proporcionou discussões importantes entre os alunos e entre aluno-professor sobre temas como a necessidade da coleta seletiva e reciclagem, a identificação das lixeiras de coleta seletiva com base em suas cores e o tipo de lixo adequado para cada, a diferença entre lixeiras comuns e lixeiras de coleta seletiva e os impactos dos lixões tanto nos recursos naturais como nos centros urbanos. A decisão sobre o que retirar ou adicionar é totalmente dos alunos, mas a discussão suscitada por essas decisões é uma parte fundamental da proposta CTS, pois é o que fará com que eles tomem atitudes baseadas na argumentação, fundamentada nos conteúdos científicos envolvidos, com seus colegas. Com base nas modificações feitas pelos grupos em geral, pode-se ver que o assunto da coleta seletiva está bem consolidado, mas que também é importante expandir esse debate para tratar dos efeitos dos lixões no ambiente como um todo.

Uma das questões mais relevantes da cidade que foi abordada por todos os grupos foi em relação à presença das fábricas. Esta foi uma discussão essencial para o desenvolvimento da tomada de decisão dos alunos pois visou que, para resolver os problemas ambientais existentes naquela cidade, eles focassem não apenas em mudanças de atitude individuais, mas sim em medidas governamentais e mais amplas que poderiam ter relação com a presença daquelas fábricas.



Nas placas metálicas originais, havia uma fábrica localizada mais próxima ao centro urbano e outra próxima ao rio. Esta possuía uma saída despejando esgoto no rio. As duas estavam liberando fumaça acinzentada, simbolizando gases poluentes. Os alunos da cidade “Campo Grande”, “Maravilhosa”, “Lindolandia” e “Tropa do 5º ano” removeram as duas fábricas e adicionaram uma nova fábrica que foi dita funcionar com energia limpa. Para “Campo Grande”, a nova fábrica permaneceu nas proximidades do rio, enquanto em “Maravilhosa” e “Lindolandia” ela foi posicionada mais próxima à cidade e em “Tropa do 5º ano” foi colocada no extremo oposto da placa metálica, bem afastada do rio. O grupo da “Cidade do Ar Limpo” substituiu a fábrica antiga perto do rio por esta mesma fábrica limpa, mas mantiveram a fábrica “poluente” na cidade. O que eles decidiram não foi excluir a presença da fábrica na cidade, alegando que ela oferece emprego para os cidadãos, mas sim realizar uma troca em seu funcionamento energético: eles colocaram a figura de placas solares no telhado da fábrica. Assim, ela passou a funcionar com base na energia solar, uma forma de energia limpa e renovável. Neste grupo não houve argumentos contra a implementação da energia solar com base em seu custo elevado, como será visto em outros grupos.

A existência das diferentes fábricas na cidade foi uma das principais discussões suscitadas pela atividade porque exige dos alunos um confronto com pontos negativos e positivos de uma situação sem solução óbvia. Por essa razão, este confronto demanda que eles desenvolvam a sua argumentação, visto que terão que convencer uns aos outros de uma decisão complicada, e também a sua reflexão, já que este é um problema que envolve questões sociais mais complexas do que, por exemplo, a questão da reciclagem, pois a presença ou não das fábricas possui tanto benefícios quanto malefícios à cidade.

Quanto às placas solares, uma das imagens que estavam disponíveis para os alunos adicionarem à placa metálica de seu grupo, os membros responsáveis pelas cidades “Campo Grande”, “Lindolandia” e “Tropa do 5º ano” posicionaram-nas no topo dos prédios da cidade. O grupo da cidade “Maravilhosa” escolheu posicionar as placas nas casas e da “Cidade do Ar Limpo” na fábrica, como mencionado anteriormente.

O grupo da cidade “Lindolandia” provocou observações importantes. Primeiramente, eles decidiram colocar a placa entre os dois prédios, de forma a indicar explicitamente que ambos precisavam operar a base de energia solar. Eles alegaram que, caso colocassem em apenas um dos prédios, o outro ainda “ficaria com a energia que polui”. Além disso, antes de tomarem essa decisão, debateram entre si se a placa deveria ser posta nos prédios ou na fábrica, queixando-se do fato de haver apenas uma imagem de placa solar. Estes relatos são interessantes pois demonstram que os alunos compreendiam a necessidade de que uma transição energética ocorra de modo geral na sociedade, e não em casos isolados, como em um único prédio ou uma única fábrica. Ainda, o grupo decidiu pelos prédios e não pelas casas porque, segundo eles, a energia solar é uma fonte de alto custo e, portanto, seria melhor aproveitada pelo prédio, onde há mais habitantes para aproveitá-la do que as casas.

Ainda sobre os prédios e casas, uma discussão que não esteve presente nos grupos, mas que a construção original da cidade não-sustentável buscou possibilitar que estivesse, era em relação ao fenômeno da ilha de calor urbana. Nenhum aluno mencionou o efeito que os edifícios altos poderiam ter na retenção de calor na cidade. Este é um fenômeno que pode ser discutido



com alunos do Ensino Fundamental e auxiliá-los com mais uma ferramenta para pensar a construção e edificação das cidades que vivem.

Mais um ponto interessante da construção das cidades pelos grupos envolve a arborização. A cidade original continha árvores mortas, derrubadas e queimadas. Todos os grupos substituíram estas por árvores grandes e cheias de folhas. Outra decisão comum a todos os grupos foi o fato deles terem posicionado as novas árvores perto do rio. Podemos enxergar nisso uma clara concepção dicotômica entre cidade-natureza por parte dos alunos, em que a cidade é o lugar dos prédios, carros e fábricas, e a natureza o local dos rios e árvores, e os dois não coexistem. O grupo que chegou mais perto de superar essa concepção foi o responsável pela “Cidade do Ar Limpo”, pois posicionaram uma única árvore entre uma fábrica e uma casa. Uma discussão desse tipo é muito importante nas escolas não só para tratar da importância da arborização das cidades, mas também discutir o próprio conceito do que é o meio ambiente, estando alinhada com os princípios da Educação Ambiental Crítica. Normalmente este é pensado pelos alunos somente como sendo formado pelas florestas, rios, animais e afins, e o ser humano (e conseqüentemente, a cidade) é visto como desconectado da natureza. A internalização desta ideia colabora com a lógica industrial de subordinação da natureza e impede um desenvolvimento significativo das noções de desenvolvimento sustentável.

A última modificação relevante dos grupos foram os automóveis. Todos os grupos adicionaram as figuras do ônibus e da bicicleta, com a justificativa de diminuir a emissão de gases para a atmosfera. Três grupos retiraram todos os carros e outros dois deixaram alguns alegando que em quantidades moderadas não haverá problema.

Considerações finais

A partir da abordagem da Educação Ambiental Crítica aliada ao enfoque CTS, foi possível realizar uma discussão sobre o aquecimento global, suas causas e conseqüências, abordando conteúdos específicos de ciências da natureza e capacitando os estudantes a tomarem decisões direcionadas à resolução desses problemas ambientais. Ao longo das atividades, foi perceptível o desenvolvimento dos alunos em relação aos conteúdos trabalhados. Desde a primeira até a última atividade, houve uma clara melhoria na compreensão conceitual do aquecimento global e do efeito estufa, o que pode ser evidenciado nas respostas registradas nas HQs e na comunicação dos conceitos em grupo que passaram a ser melhores elaborados pelos estudantes. Na última atividade, que envolveu a tomada de decisão para o planejamento de uma cidade sustentável, foi evidente a preocupação e o pensamento crítico dos estudantes, demonstrando a importância de abordar essas questões no contexto do ensino de ciências.

A internalização dos princípios da sustentabilidade está totalmente alinhada com os objetivos estabelecidos pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Conscientizar os alunos sobre esses princípios não só leva a compreender que existem problemas ambientais, mas também contribui significativamente para desenvolver sua consciência ambiental e promover a reflexão sobre questões éticas e sociais relacionadas à sustentabilidade, além de capacitar



a análise crítica das consequências socioambientais das inovações tecnológicas e científicas. Isso os torna aptos a participar ativamente na busca por soluções sustentáveis para os desafios globais, como a mudança climática, a escassez de recursos naturais e a degradação ambiental. Essa construção cidadã é essencial para o desenvolvimento de sociedades mais justas, equitativas e ambientalmente conscientes.

Como a sequência de atividades inclui experimentos, é preciso estar atento ao risco de uma espetacularização demasiada destes. Em outras palavras, esforçar-se para manter o foco da turma nos conceitos científicos envolvidos naquele experimento e nas conclusões que dele podem ser obtidas, ação dificultada pelo comum excesso de ânimo dos estudantes quando participam de atividades experimentais. Similarmente, na construção da cidade sustentável, atentar-se para que todos os membros do grupo participem efetivamente na discussão e definição das decisões a serem implementadas na placa metálica, pois atividades que envolvem discussão na busca de um consenso podem suscitar comportamentos de imposição de determinados alunos sobre outros.

Por fim, como sugestão para atividades posteriores, pode ser incluída uma discussão importante sobre o fato de que, entre as diferentes cidades, não há fronteiras que impeçam que os erros cometidos em determinado local possam afetar outro, evitando um olhar isolado sobre as situações das várias cidades. Além disso, pode-se ir mais longe e discutir com os alunos a oposição comumente feita entre ser humano e natureza (observada inclusive durante a construção das placas metálicas), pensando sobre essa relação e aprofundando a reflexão sobre a responsabilidade de todos os indivíduos na conservação do ambiente.

Contribuições dos autores

Conceitualização: Gabriel Silva Gomes, Bianca da Luz Pereira, Joaquim Fernando Mendes da Silva e Mylena Freitas Lima; Metodologia: Todos os autores; Software: N/A (não aplicável); Validação: Todos os autores; Análise formal: Gabriel Silva Gomes, Bianca da Luz Pereira, Daniel Loura Henrique e Mylena Freitas Lima; Investigação: Todos os autores; Recursos: N/A (não aplicável); Curadoria de dados: Gabriel Silva Gomes, Bianca da Luz Pereira, Joaquim Fernando Mendes da Silva e Mylena Freitas Lima; Escrita - Esboço original: Gabriel Silva Gomes, Bianca da Luz Pereira, Daniel Loura Henrique e Mylena Freitas Lima; Escrita - Revisão & Edição: Todos os autores; Visualização: Todos os autores; Supervisão: Joaquim Fernando Mendes da Silva; Gestão do projeto: Joaquim Fernando Mendes da Silva; Captação de financiamento: FAPERJ, CNPq

Agradecimentos

Agradecemos à instituição de ensino na qual realizamos esta pesquisa. Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio.



Financiamento

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

- Almeida, C. R. P. (2017). *Efeito estufa: a identificação dos discursos presentes na simulação de uma Conferência das Partes no ambiente escolar*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Almeida, I. M., Filho, J. M. J., & Vilela, R. A. G. (2019). Razões para investigar a dimensão organizacional nas origens da catástrofe industrial da Vale em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 35(4), 1-5. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00027319>
- Andrade, L. H. C. (2019). Políticas públicas e sustentabilidade: uma investigação sobre os pressupostos que guiam nosso desenvolvimento. *Revista Sergipana de Educação Ambiental*, 6(1), 21-36. <https://doi.org/10.47401/revisea.v7i1.11673>
- Auler, D., & Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000100001>
- Freire, P. (2022). *Educação como prática da liberdade* (53a ed.). Paz & Terra.
- Lima, G. F. C. (2009). Educação ambiental crítica: do socioambientalismo às sociedades sustentáveis. *Educação e Pesquisa*, 35(1), 145-163. <https://doi.org/10.1590/s1517-97022009000100010>
- Loureiro, C. F. B. (2003). Premissas teóricas para uma educação ambiental transformadora. *Ambiente e Educação*, 8(1), 37-54.
- Loureiro, C. F. B., & Lima, J. G. S. (2009). Educação ambiental e educação científica na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): pilares para uma educação crítica. *Acta Scientiae*, 11(1), 88-100.
- Luz, R., Queiroz, M. B. A., & Prudêncio, C. A. V. (2019). CTS ou CTSA: o que (não) dizem as pesquisas sobre educação ambiental e meio ambiente? *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 12(1), 31-54. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n1p31>
- Moraes, R. (1999). Análise de conteúdo. *Revista Educação*, 22(37), 7-32.
- Moreira, A. T. R., Santos, E. C., Nobrega, G. T., & Carvalho, S. R. B. (2022). O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global. *Revista Educação em Foco*, 14(1), 22-27.
- Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F., & Bazzo, W. A. (2007). Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, 13(1), 71-84. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000100005>
- Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2), 110-132. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>
- Santos, W. L. P. (2008). Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 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.
- Saviani, D. (2021). *Escola e Democracia* (44a ed.). Autores Associados.
- Silva, P. B. C. (2015). *Ciência, tecnologia e sociedade na América Latina nas décadas de 60 e 70: análise de obras do período*. [Dissertação de Mestrado]. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.
- Silva, V. P., & Pontes, J. C. (2020). Educação para a sustentabilidade em currículos da educação básica: implementação e desafios. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 30320-30330. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-475>
- Soares, J. R. (2022). *O entrelaçamento da educação ambiental crítica e do ensino para a potencialização das percepções socioambientais de estudantes e professores sobre uma microbacia em Palmeira das Missões/RS*. [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.