

Alfabetização Científica e Tecnológica Escolar Como Transformação Social: Uma Análise a Partir de Uma Situação de Estudo Apoiada por Tecnologia Social

School Scientific and Technological Literacy as Social Transformation: An Analysis Based on a Study Situation Supported by Social Technology
La Alfabetización Científica y Tecnológica Escolar: Un Análisis a Partir de uma Situación de Estudio Apoyada en la Tecnología Social

Iury Henrique Fernandes,  Danilo Lopes Santos,  e Geraldo Wellington Rocha Fernandes 

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar como os estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental mobilizam as dimensões da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) escolar, a partir da estrutura e qualidade dos argumentos elaborados e expostos durante a apresentação de uma Tecnologia Social Didática (TSD) à comunidade local. A pesquisa possui abordagem qualitativa e exploratória descritiva, com a participação de oito estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental, de uma escola municipal localizada em uma comunidade rural no município de Diamantina (MG), no Vale do Jequitinhonha. A coleta de dados incluiu a gravação em áudio das falas dos estudantes durante o desenvolvimento de uma Situação de Estudo (SE). As dimensões da ACT (prática, cultural, cívica e transformação social), os Elementos Taxonômicos da Argumentação Científica (ETAC) e os Níveis Hierárquicos da Qualidade do Argumento Modificado foram utilizados para a análise dos dados. Os resultados evidenciaram uma evolução significativa na estrutura e na qualidade dos argumentos apresentados pelos estudantes, com destaque para um entendimento mais profundo (ACT prática) e uma maior relação social (ACT cívica e transformação social) entre o conteúdo científico e tecnológico e sua exploração na comunidade local.

Palavras-chave: Alfabetização Científica e Tecnológica, transformação social, Situação de Estudo, Tecnologia Social, Argumentação

Abstract

This study aims to analyze how late elementary school students mobilize the dimensions of Scientific and Technological Literacy (STL) in school, focusing on the structure and quality of arguments developed and presented during the exposition of Didactic Social Technology (DST) to the local community. The research adopts a qualitative and exploratory descriptive approach involving eight 8th-grade students from a municipal school located in a rural community in the municipality of Diamantina (MG), in Vale do Jequitinhonha. Data collection included audio recordings of the students' speeches during the development of a Study Situation (SS). The dimensions of STL (practical, cultural, civic, and social transformation), the Taxonomic Elements of Scientific Argumentation (TESA), and the Hierarchical Levels of Modified Argument Quality were used to analyze the data. The results showed significant progress in the structure and quality of the student's arguments, highlighting a more profound understanding (practical STL) and stronger social connections (civic STL and social transformation) between scientific and technological content and its exploitation in the local community.

Keywords: Scientific and Technological Literacy, social transformation, Study Situation, Social Technology, Argumentation

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar cómo los estudiantes de los últimos años de la Educación Básica movilizan las dimensiones de la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) escolar, a partir de la estructura y calidad de los argumentos elaborados y expuestos durante la presentación de una Tecnología Social Didáctica (TSD) a la comunidad local. La investigación adopta un enfoque cualitativo y exploratorio descriptivo, con la participación de ocho estudiantes de 8º grado de Educación Básica de una escuela municipal ubicada en una comunidad rural, en el municipio de Diamantina (MG), en Vale do Jequitinhonha. La recopilación de datos incluyó grabaciones de audio de las intervenciones de los estudiantes durante el desarrollo de una Situación de Estudio (SE). Las dimensiones de la ACT (práctica, cultural, cívica y transformación social), los Elementos Taxonómicos de la Argumentación Científica (ETAC) y los Niveles Jerárquicos de la Calidad del Argumento Modificado se utilizaron para analizar los datos. Los resultados evidenciaron una evolución significativa en la estructura y calidad de los argumentos presentados por los estudiantes, destacándose una comprensión más profunda (ACT práctica) y una mayor relación social (ACT cívica y transformación social) entre los contenidos científicos y tecnológicos y su exploración en la comunidad local.

Palabras clave: Alfabetización Científica y Tecnológica, transformación social, Situación de Estudio, Tecnología Social, Argumentación

Introdução

O desenvolvimento científico e tecnológico é um processo contínuo que impacta diretamente a dinâmica social. Nesse contexto, Milaré e Richetti (2021) destacam a relevância de abordar as dimensões científicas e tecnológicas no ensino de Ciências, enfatizando seus impactos e implicações na sociedade contemporânea. Diversos estudos reforçam a importância, o papel e a influência da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) como ferramenta essencial para compreender essas dimensões e promover uma maior integração entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (Fernandes et al., 2024; Lorenzetti, 2021; Milaré & Richetti, 2021).

Buscando promover não somente a Alfabetização Científica (AC) e a Alfabetização Tecnológica (AT), mas a ACT no contexto escolar, numa perspectiva transformadora (Fernandes et al., 2024; Archanjo Junior & Gehlen, 2020; Roso, 2017; Silva & Sasseron, 2021), sociopolítica (Sjöström & Eilks, 2018; Sjöström, 2024; Valladares, 2021), significativa e pluri/interdisciplinar (Fourez, 1997; Fernandes et al., 2022a), começam a surgir trabalhos que discutem o papel das Tecnologias Sociais (TS) no desenvolvimento do conhecimento escolar e na promoção da ACT (Fernandes et al., 2024; Allain & Fernandes, 2022; Archanjo Junior & Gehlen, 2021; Roso, 2017). A inserção das TS no contexto escolar, denominada por Fernandes et al. (2024) como Tecnologias Sociais Didáticas (TSD), tem como objetivo auxiliar o professor na promoção e formação de estudantes críticos, proporcionando-lhes conhecimentos sobre questões de caráter ambiental, científico, tecnológico, cultural, social, político, econômico e ético (Allain & Fernandes, 2022; Fernandes et al., 2024).

Nessa perspectiva, Fernandes et al. (2024) apresentam possibilidades para a promoção de uma ACT como transformação social no ambiente escolar, a partir de uma TSD. Em um contexto em que se busca efetivamente promover a ACT e um ensino-aprendizagem multi, pluri ou interdisciplinar, contextualizando as diversas realidades presentes no ambiente educacional e considerando o cenário atual da sociedade, este estudo buscou responder à seguinte questão: *práticas educativas baseadas na intencionalidade do professor e no estudo e desenvolvimento de TSD podem promover a ACT escolar como transformação social?* Nesse sentido, o objetivo que direciona este trabalho é *analisar como os estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental mobilizam as dimensões da ACT escolar, a partir da estrutura e qualidade dos argumentos elaborados e expostos durante a apresentação de uma TSD à comunidade local.*

Neste artigo, apoiamo-nos na proposta teórico-metodológica de Fernandes et al. (2024) para compreendermos: a inserção da TS como um modelo social a ser estudado no contexto escolar, a intencionalidade do professor em desenvolver a ACT escolar e a argumentação como prática epistêmica para identificar as dimensões da ACT escolar. Para exemplificar as proposições e discussões de Fernandes et al. (2024) e alcançar o objetivo proposto, será apresentado um recorte de um estudo com estudantes do Ensino Fundamental de uma comunidade rural. O estudo utilizou uma Situação de Estudo (SE) baseada na montagem e elaboração de uma TSD a partir do protótipo pedagógico de um biodigestor, com o objetivo de identificar a promoção da ACT dos estudantes, numa perspectiva transformadora.

A Promoção da ACT Como Transformação Social no Contexto Escolar

A ACT pode “[...] promover nos indivíduos um entendimento de mundo que busque abranger a discussão e compreensão de fenômenos científicos e tecnológicos que se fazem presentes em suas vidas.” (Lorenzetti, 2021, p. 51). É indiscutível a necessidade de potencializar e inserir a ACT em diferentes contextos sociais, considerando a premissa de que uma parcela da sociedade é científica e tecnologicamente analfabeta (Lorenzetti, 2021). Milaré e Richetti (2021) destacam que a ACT envolve a conscientização sobre o uso dos conhecimentos científicos e tecnológicos, combinados com outros tipos de saberes e aspectos, o que pode transformar as pessoas e, consequentemente, impactar os contextos sociais, políticos e econômicos. Nesse sentido, Fernandes et al. (2024) apresentam cinco proposições para a ACT escolar como um meio de promover a transformação social, as quais são resgatadas neste estudo para análise.

Proposições Para a ACT Escolar Como Transformação Social

A ACT, Como Transformação Social, Pode Ser Desenvolvida por Meio do Ensino de Ciências Enquanto Prática Social, Focada em Problemas Científicos, Tecnológicos e Sociais

Silva e Sasseron (2021) apresentam uma visão de **transformação social** que vai além da simples mudança de estruturas sociais, englobando também a capacidade dos sujeitos de compreenderem e atuarem de forma crítica e reflexiva diante dos desafios e questões científicas e sociais presentes em suas vidas e na sociedade. Além disso, Archanjo Junior e Gehlen (2021) propõem uma visão de transformação social voltada para a comunidade escolar/local, que deve ser capaz de atuar em sua própria transformação. Para isso, a comunidade precisa partir de um currículo crítico-transformador, apoiado na Investigação Temática (Freire, 1987) e estruturado com base em demandas sociais, fundamentos da TS e atores sociais locais.

Articulando-se à perspectiva de transformação social, Silva e Sasseron (2021) situam o conceito de **Ensino de Ciências como Prática Social (ECPS)** como uma abordagem definida, inicialmente, pela possibilidade de os estudantes vivenciarem aspectos da atividade científica por meio de práticas de investigação, argumentação e modelagem de problemas. Silva et al. (2022) complementam essa visão ao descreverem o ECPS como a participação ativa e intelectual dos estudantes em sala de aula, envolvendo experiências e a integração às práticas e normas do grupo formado entre professores e alunos durante as aulas de Ciências.

Os Sujeitos e Grupos Participantes da ACT Escolar Como Transformação Social São Atores Sociais

De acordo com Archanjo Junior e Gehlen (2021), os **atores sociais locais** incluem membros da comunidade escolar, moradores, especialistas, pesquisadores, líderes comunitários e representantes de órgãos públicos. Esses **atores sociais** são essenciais para ampliar a discussão sobre questões sociais e socioambientais, trazendo diferentes perspectivas e permitindo uma atuação colaborativa e democrática no processo. Para esses autores, a transformação social ocorre por meio da colaboração entre diversos atores sociais que enfrentam um problema comum. Nessa linha, Fernandes et al. (2024) veem a ACT escolar como um processo transformador, voltado para um estudante como ator social, alfabetizado científica e tecnologicamente, capaz de entender e participar de atividades sociais, políticas e econômicas, promovendo mudanças em sua realidade.

A Dimensão ‘Transformação Social’ da ACT Amplia as Dimensões Prática, Cultural e Cívica da ACT Escolar, Pensada na Comunidade Escolar Como Atores Sociais

Bocheco (2011) reorganiza as categorias de AC propostas por Shen (1975) e apresenta novas categorias para a AT. No entanto, para Lorenzetti (2021), nas ações de intervenção pedagógica, as dimensões de ACT não ocorrem de forma dissociada, mas sim de maneira concomitante ou simultânea. Nesse sentido, Fernandes et al. (2024) reorganizaram as dimensões da AC e AT propostas por Bocheco (2011), também presentes em Lorenzetti (2021), e apresentam as dimensões para a ACT escolar, incorporando a transformação social como a quarta dimensão e considerando a comunidade escolar como atores sociais (Figura 1).

Figura 1

As dimensões para ACT escolar

Dimensões para ACT (escolar)	Caracterização para o contexto de sala de aula
Prática	Os estudantes buscam compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos, a partir de elementos da linguagem científica.
Cultural	Compreensão dos contextos históricos e sociais em que o conhecimento científico e tecnológico se insere, promovendo a reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência e da tecnologia.
Cívica	Os estudantes lidam com decisões que envolvem a aplicação e contextualização social dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Argumentam acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos e da contextualização social sobre a atividade tecnológica e científica, frente à economia, à indústria, ao consumo, à tendência estética, à ética, à crença no progresso, entre outros.
Transformação Social	Os estudantes discutem, refletem e agem a partir do diálogo, da problematização e da ação transformadora sobre as mudanças nas estruturas sociais. Apresentam a capacidade de compreender e atuar de forma crítica e reflexiva em relação às questões sociais, políticas, econômicas e éticas, relacionadas à ciência e à tecnologia presentes em suas vidas e na sociedade, para que a sua realidade possa ser transformada.

Fonte: Fernandes et al. (2024, p. 6).

De acordo com Fernandes et al. (2024), a Figura 1 tende a apresentar um entendimento inicial sobre algumas dimensões da ACT escolar, as quais podem ser reorganizadas a partir de outros referenciais ou expandidas para novos indicadores, categorias e dimensões. Bybee (1995), por exemplo, propõe quatro categorias para a AC (nominal, funcional, conceitual e processual, e multidimensional), mas não as discute nem as relaciona com a ACT. A proposta da Figura 1 contrapõe-se à ideia de que as discussões dos estudantes se limitam à AC ou à AT, ignorando a presença da ACT. Por outro lado, os estudos de Valladares (2021), Sjöström e Eilks (2018) e

Sjöström (2024) destacam uma nova dimensão para a AC, conectando-a a questões políticas e econômicas, com foco em um modelo de ensino de Ciências voltado para a transformação. Esses autores apresentam diferentes visões da AC organizadas em níveis crescentes de complexidade: **Visão I**, aprendizado científico para aplicação futura; **Visão II**, educação científica significativa para todos; e **Visão III**, educação científica voltada para a transformação. A Visão III da AC é a que mais se aproxima da dimensão de transformação social proposta na Figura 1, embora não explore a relação inerente à ACT, restringindo-se ao campo da AC.

Com base na Figura 1, Fernandes et al. (2024) propõem que a dimensão da ACT como transformação social pode emergir antes, após ou simultaneamente com as dimensões prática, cívica e cultural da ACT, e tem a capacidade de engajar os estudantes em questões sociais, políticas e éticas relacionadas à ciência e à tecnologia. Essa dimensão enfatiza a importância da ação sociopolítica e da conscientização dos estudantes sobre as implicações mais amplas da ciência e da tecnologia na sociedade.

A Aplicação de Diferentes TS no Contexto Escolar Oferece Oportunidades Para o Desenvolvimento de uma ACT Voltada Para a Transformação Social, Além de Possibilitar Discussões e Reflexões Entre os Atores Sociais Sobre Aspectos Científicos, Tecnológicos, Políticos, Econômicos, Ambientais Etc.

Na literatura brasileira sobre Educação em Ciências, começam a surgir estudos que buscam compreender o que são as TS e como podem contribuir para uma ACT voltada para a transformação social da comunidade escolar (Fernandes et al., 2024; Allain & Fernandes, 2022; Archanjo Junior & Gehlen, 2020, 2021; Roso, 2017). Fernandes et al. (2024) entendem as **TS - Tecnologias Sociais** como construções sociais que podem trazer impactos positivos, contribuições ou soluções para problemas sociais em uma determinada comunidade e em seus atores sociais. Elas podem englobar técnicas, programas e procedimentos destinados a solucionar as dificuldades sociais, especialmente em comunidades carentes (Allain & Fernandes, 2022). Dagnino (2010; 2014) é uma referência importante sobre TS no Brasil, mas não as analisa no contexto escolar nem as associa aos atores sociais da comunidade escolar. Por outro lado, Allain e Fernandes (2022) propõem a inserção das TS também no contexto escolar, com o objetivo de explorar aspectos científicos, tecnológicos e sociais. Fernandes et al. (2024), por sua vez, posicionam as **Tecnologias Sociais Didáticas (TSD)** como um conceito distinto das Tecnologias Sociais Comunitárias (TSC), estas últimas discutidas por Dagnino (2010; 2014). A teoria sobre TSD ainda está em construção, fundamentando-se nas obras de Dagnino (2010; 2014) e outros estudos que sustentam a Educação Científica brasileira (Archanjo Junior & Gehlen, 2020, 2021; Allain & Fernandes, 2022; Fernandes et al., 2024). Inicialmente, o conceito de TSD pode ser compreendido como um modelo social didático, baseado em protótipos pedagógicos que permitem aos estudantes planejar, esquematizar, estudar conceitos, desenvolver projetos, refletir sobre os aspectos sociais da ciência e da tecnologia e, por fim, buscar transformar o entorno em que vivem. Esse processo tem início na escola e envolve a mobilização de outros sujeitos e novos atores

sociais para a criação de TS em sua comunidade. Exemplos incluem o desenvolvimento e o estudo de TS, como o filtro biológico, aquecedor solar de baixo custo, biodigestor, captação de água da chuva, entre outros.

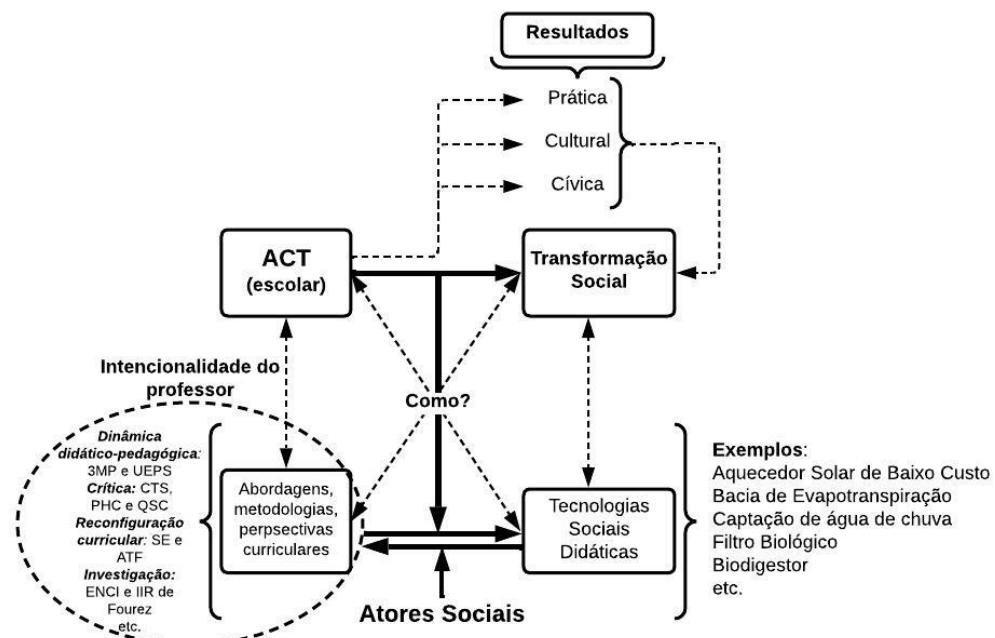
Nesse sentido, ressaltamos que as TSD não devem ser confundidas com pedagogia de projetos, recursos experimentais ou com a educação/abordagem Ciência-Tecnologia-Engenharia-Matemática (STEM). No contexto educacional, a incorporação de temáticas sociais relacionadas ao estudo e ao desenvolvimento de TSD pode ser relevante como um complemento a uma perspectiva curricular multi, pluri ou interdisciplinar, abordando objetos do conhecimento que envolvem áreas como Ciências, Biologia, Geografia, História, Matemática, Física, Química, Sociologia, entre outras.

O Desenvolvimento de uma ACT Escolar Como Transformação Social, a Partir de uma Tecnologia Social, Depende da Intencionalidade do Professor

Buscando a ACT como um objetivo a ser alcançado, iniciado no ambiente escolar, conforme sugerem Fourez (1997), Milaré e Richetti (2021) e Lorenzetti (2021), é essencial que o docente recorra a variadas metodologias, abordagens e/ou estratégias de ensino. Em outras palavras, a ACT escolar como transformação social está diretamente vinculada à **intencionalidade do professor**. Para promover o desenvolvimento da ACT como transformação social a partir da sala de aula, Fernandes et al. (2024) propõem um esquema ou modelo teórico-metodológico (Figura 2). Esse modelo orienta o desenvolvimento de uma ACT escolar voltada para a transformação social dos estudantes, fundamentando-se no uso de uma TS e na intencionalidade pedagógica do professor.

Figura 2

Modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT como transformação social a partir de uma Tecnologia Social



Fonte: Fernandes et al. (2024, p. 11).

O modelo da Figura 2 descreve como desenvolver a ACT escolar de modo que os estudantes possam alcançar a transformação social (resultado). As dimensões prática, cívica e cultural da ACT convergem para possibilitar a ACT como transformação social. Para isso, o professor, em parceria com outros atores sociais e guiado por uma intencionalidade pedagógica, utiliza abordagens, metodologias, reconfigurações curriculares e outras estratégias em diversas perspectivas (Fernandes et al., 2022b). Para que a transformação social seja mobilizada nas atitudes dos estudantes, o professor se apropria de situações significativas da realidade deles, conectando as diferentes abordagens, metodologias, perspectivas curriculares e o uso de TSD. Um estudo que se aproxima deste modelo é o trabalho de Archanjo Júnior e Gehlen (2021), que teve o objetivo de investigar o papel da TS, a partir da perspectiva curricular da Investigação Temática (IT) de Freire (1987) (intencionalidade do professor a partir da perspectiva de reconfiguração curricular), para compreender e resolver contradições sociais (transformação social) por meio de um Tema Gerador (ACT como objetivo a ser alcançado).

A Argumentação no Ensino de Ciências Como Prática Epistêmica Para a Identificação da ACT

Diante do exposto, ainda é necessário compreender como identificar as dimensões da ACT e se a dimensão transformação social ocorreu na sala de aula. A análise das interações discursivas, dos argumentos e das argumentações nas aulas de Ciências se apresenta como um meio para identificar e entender a construção do conhecimento científico e a promoção da ACT escolar (Fernandes et al., 2018). Na literatura, a argumentação pode ser considerada como uma atividade discursiva e social (Sá & Queiroz, 2007), como uma prática epistêmica, ao apresentar hipóteses, evidências e justificar afirmações ou explicações (Sasseron & Carvalho, 2011), ou ainda uma ferramenta analítica para visualizar a estrutura e a qualidade dos argumentos, bem como o movimento epistêmico no discurso (Fernandes et al., 2018).

Fernandes et al. (2018) sugerem que a argumentação atua como uma ferramenta para compreender o processo de aprendizagem dos conteúdos científicos pelos estudantes, promovendo uma relação social baseada na troca de ideias entre eles. Para isso, é necessário analisar a estrutura, a qualidade e o movimento dos argumentos. Esses autores desenvolveram os **Elementos e Unidades Taxonômicas da Argumentação Científica** (ETAC), que caracterizam a estrutura argumentativa dos estudantes durante atividades orientadas pela perspectiva da ACT. Para Fernandes et al. (2018), os ETAC são caracterizados por verbos que frequentemente aparecem nos argumentos de crianças e jovens em aulas problematizadoras e dialógicas voltadas para o desenvolvimento da ACT. Essas unidades, chamadas de **Unidades Taxionômicas** (UT) (Figura 3), são a base para o surgimento dos ETAC e visam facilitar a análise do processo argumentativo no ambiente de ensino.

Figura 3*Elementos e Unidades Taxonômicas da Argumentação Científica*

Unidades Taxonômicas (UT)	ETAC	Definições
Responde e/ou Descreve.	Elementos descritores de ideias/informações.	Respostas simples ou apoiadas por alegações em busca de uma conclusão. Normalmente surgem após uma pergunta.
Explica. Justifica.	Elementos de sustentação de ideias/informações.	Sustenta uma alegação em busca de uma conclusão.
Organiza a informação. Classifica a informação	Elementos organizadores de ideias/informações.	Lista de ideias e informações organizadas ou classificadas que é utilizada para se chegar a uma conclusão.
Pergunta. Problematiza.	Elementos de problematização.	Perguntas simples ou elaboradas (problemáticas) para compreender o fenômeno estudado ou introduzir novas ideias.
Introduz ideias. Formula hipóteses. Prevê. Supõe. Avalia. Testa hipóteses. Induz. Deduz. Generaliza.	Elementos de levantamento de hipóteses.	Suposições, avaliações, deduções, generalizações ou previsões sobre conceitos, fenômenos ou eventos passíveis de serem colocados à prova.
Define conceitos. Exemplifica. Relaciona. Reconhece. Retoma Ideias (Revê). Propõe. Delimita. Complementa. Sugere.	Elementos Construtores	de pensamento. O pensamento é construído a partir de definições, exemplos, relações, retomada de ideias, complementações, sugestões.
Raciocina (Lógica e Proporcionalmente).		de raciocínio. O raciocínio pode ser apresentado de forma lógica (a partir de elementos corretos) ou proporcional (relacionando-o com as variáveis).
Refuta. Critica. Questiona. Reivindica. Discorda.		de oposição de ideias. A oposição de ideias é construída a partir de questões, refutações, críticas, desacordos e reivindicações.
Apoia. Defende ideias. Concorda. Confirma. Conclui.		de defesa e conclusão. As ideias e informações podem ser apoiadas, defendidas, confirmadas ou concluídas.
Gosta. Não Gosta. Exclama. Ri. Expressa sons.	Elementos descritores de emoção.	Não fazem parte de um argumento racional, mas expressam opiniões, sensações e expressões sobre o fenômeno estudado ou a ideia defendida.

Fonte: Fernandes et al. (2018, p. 1040).

Quanto à qualidade do argumento, Fernandes et al. (2018) propõem uma reorganização do sistema hierárquico de categorias para avaliá-la, denominado **Níveis Hierárquicos da Qualidade do Argumento Modificado (QAM)** (Figura 4).

Figura 4

Níveis hierárquicos da qualidade do argumento modificado

Nível	Descrição
0	Uma informação simples, sem justificativa ou fundamento.
1	Uma ou mais informações com justificativas ou fundamentos simples, mas sem conclusão e refutação.
2	Uma ou mais informações com justificativas ou fundamentos simples, com conclusão e sem refutação.
3	Uma ou mais informações com justificativas ou fundamentos simples, com conclusão e refutação.
4	Uma ou mais informações com justificativas ou fundamentos detalhados, mas sem conclusão e refutação.
5	Uma ou mais informações com justificativas ou fundamentos detalhados, com conclusão e sem refutação.
6	Uma ou mais informações com justificativas ou fundamentos detalhados, com conclusão e refutação

Fonte: Fernandes et al. (2018, p. 1043).

Nesse contexto, com base no que enfatizam Fernandes et al. (2018), este estudo propõe que seja viável examinar a estrutura e a qualidade do argumento utilizando os ETAC e os Níveis Hierárquicos da QAM como prática epistêmica, a fim de compreender o processo de mobilização da ACT em estudantes da Educação Básica.

Metodologia da Pesquisa em Ensino de Ciências

A partir das discussões teóricas apresentadas anteriormente, buscamos compreender se as práticas educativas, baseadas na intencionalidade do professor e no estudo e desenvolvimento de TSD, podem promover a ACT escolar como transformação social. Nesse sentido, propomos testar o modelo teórico-metodológico da Figura 2, concebido para uma aula de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e refletir sobre o seu efeito na promoção de uma ACT escolar.

A Caracterização, o Cenário e os Sujeitos da Pesquisa

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, que busca descrever um fenômeno estudado (Flick, 2009) dentro de um contexto específico. A pesquisa está amparada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), sob o número CAAE 64530622.1.0000.5108.

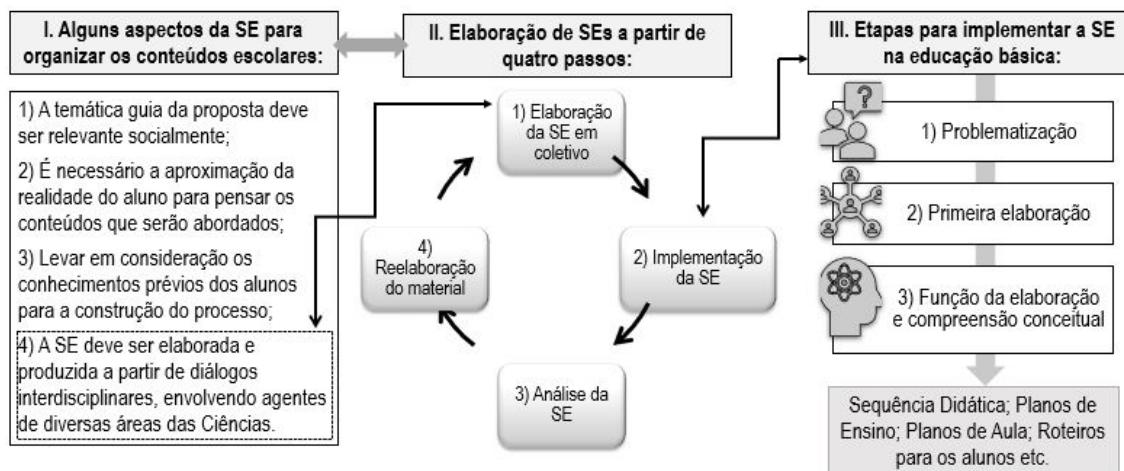
As ações foram realizadas em uma instituição de ensino da rede municipal, localizada na comunidade rural do distrito de Mendanha, no município de Diamantina (MG), situado no início do Vale do Jequitinhonha, onde a economia é predominantemente baseada na agricultura familiar. A coleta de dados ocorreu no primeiro semestre de 2023, com a participação de oito estudantes de uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental. Ressalta-se que, por se tratar de uma escola localizada em comunidade rural, o número de estudantes por turma é realmente reduzido. Para preservar a identidade dos participantes, seus nomes foram substituídos por identificadores, como E1, E2, E3 ... E8.

Instrumentos e Técnicas de Coleta de Dados

Para testar e refletir sobre o modelo apresentado na Figura 2, propomos desenvolver a perspectiva curricular SE, como **intencionalidade do professor**, para se contrapor ou reconfigurar o currículo vigente. Fernandes et al. (2022) descrevem as SE como uma perspectiva curricular que organiza os conteúdos abordados no ambiente de ensino em torno de situações autênticas e significativas para os estudantes, em vez de apresentá-los de forma fragmentada e desconexa. Fernandes e Allain (2021), baseando-se em diferentes fontes (Massena & Rodrigues, 2021), propõem o desenvolvimento de uma SE (Figura 5), estruturada em passos que demonstram como elaborá-la e aplicá-la no ensino de Ciências.

Figura 5

Esquema das etapas para a elaboração de uma Situação de Estudo



Fonte: Fernandes et al. (2022a, p. 119).

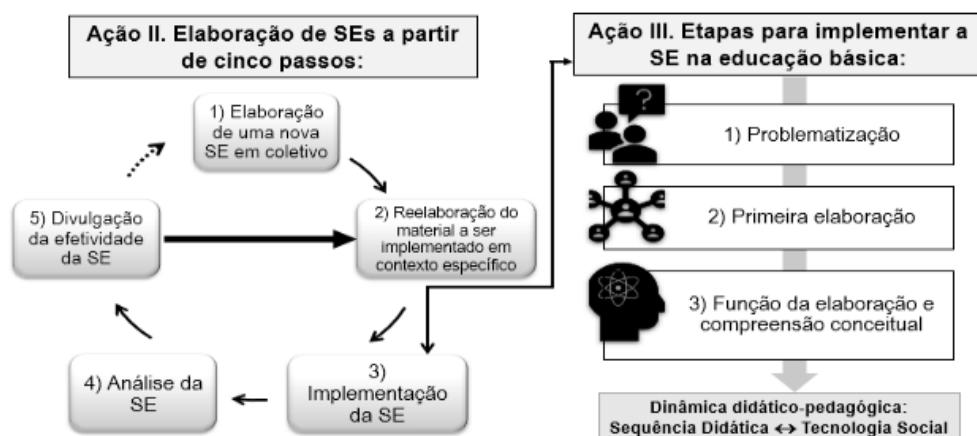
A Figura 5 apresenta, na Ação II, quatro passos para a elaboração de SE. Fernandes et al. (2022a) destacam que o primeiro passo, 1. *Elaboração da SE em coletivo*, envolve diversos “atores”, como professores e licenciandos universitários, pós-graduandos e professores regentes de diferentes áreas de conhecimento da Educação Básica. O segundo passo, 2. *Implementação da SE*, refere-se à sua aplicação na sala de aula, organizada em três etapas: 1) Problematização, 2) Primeira elaboração e 3) Função

da elaboração e compreensão conceitual. O terceiro passo, 3. *Análise da SE*, consiste na verificação e no estudo dos efeitos da implementação, visando compreender o impacto do desenvolvimento da SE na aprendizagem dos estudantes. Por fim, o quarto passo, 4. *Reelaboração do material*, descrito por Fernandes e Allain (2021), ressalta a necessidade de revisar a SE com base nos resultados do terceiro passo e na realidade da comunidade escolar que a desenvolve.

Para responder ao problema proposto neste estudo, foi elaborada uma SE com base nas orientações teórico-metodológicas de Fernandes et al. (2022a) e Fernandes e Allain (2021) (Figura 5), com o tema: “O papel da TSD Biodigestor para a Comunidade Escolar de Menganha (MG)”. A SE, articulada com uma TSD, teve como objetivo apresentar, de forma contextualizada, diversos conceitos científicos e tecnológicos para promover uma ACT transformadora da realidade dos estudantes e dos atores sociais. Para tanto, seguimos as orientações de Aquino et al. (2022), que elaboraram uma SE contendo etapas específicas para o desenvolvimento da proposta curricular e para a construção da TSD do Biodigestor. A SE, originalmente elaborada pelo coletivo de Aquino et al. (2022), possuía características gerais que, para este estudo, precisou ser reelaborada por um novo coletivo formado por estudantes do Estágio Supervisionado em Ensino de Ciências, membros do Grupo de Estudo e Pesquisa em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC) (composto por professores e estudantes do curso de Ciências Biológicas), além de docentes da Educação Básica da escola onde este trabalho foi desenvolvido (Figura 6).

Figura 6

Reelaboração da SE para um contexto específico



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Fernandes e Allain (2021).

Na proposição de uma SE baseada na TSD Biodigestor, Aquino et al. (2022) destacam a possibilidade de abordar conteúdos de diferentes disciplinas, promovendo uma integração multidisciplinar ou interdisciplinar (Figura 7).

Figura 7

Conteúdos e Conceitos, organizados por componente curricular, abordados durante a aplicação da SE da TSD Biodigestor

Componente curricular	Principais conteúdos
Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Transformação de energia; Impactos ambientais; efeito estufa; consumo de energia elétrica; biodigestão anaeróbica, gás Metano e o biogás.
Matemática e suas Tecnologias	Unidades de medida; área, capacidade e volume para a confecção do biodigestor.
Geografia	Atividades humanas e dinâmica climática; gestão de resíduos sólidos (lixo residencial) e dejetos provenientes da atividade agropecuária; fontes de energia renováveis e não renováveis.
História	Surgimento do biodigestor; contexto histórico; relação da tecnologia social com o biodigestor.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Aquino et al. (2022, p. 203).

A partir dos conteúdos e conceitos a serem desenvolvidos (Figura 7), a Figura 8 sintetiza a Ação III do esquema ilustrado na Figura 6. Nesse contexto, a SE foi organizada sob a forma de Sequência Didática (SD), integrando o desenvolvimento da TSD Biodigestor (Figura 8).

Figura 8

Síntese da SD da SE baseada na TSD Biodigestor

Etapas	Subtema da etapa	Conteúdos conceituais	Descrição, Estratégia e Recursos
1º Etapa: Problematização: 1 aula de 50 minutos	<p><i>Reflexão social dos conteúdos científicos e tecnológicos sobre:</i></p> <p>Descarte de resíduos (lixo residencial), impactos no meio ambiente, principais consequências para o ser humano.</p> <p>Poluição.</p> <p>O impacto significativo do Gás Metano no aquecimento global e nas mudanças climáticas.</p> <p>A utilização de fontes renováveis de energia.</p> <p>O biodigestor como uma alternativa para a geração de energia limpa e a produção de biogás (limites e possibilidades).</p>	Impactos Ambientais; Transformação de Energia; Fontes renováveis de energia; Tecnologias Sociais.	Utilização do Datashow para apresentação de vídeos e imagens que levem os estudantes a refletirem acerca da temática proposta. Proposições de questões problemas para entender as percepções sociais dos estudantes em relação à ciência e à tecnologia.

Figura 8

Síntese da SD da SE baseada na TSD Biodigestor (continuação)

Etapas	Subtema da etapa	Conteúdos conceituais	Descrição, Estratégia e Recursos
2º Etapa: Primeira elaboração: 2 aulas de 50 minutos	<p><i>A inserção da TS na sala de aula:</i> Construção da TSD Biodigestor, elucidando os processos envolvidos na montagem (dimensionamento, área e volume) e seu funcionamento.</p> <p>O ciclo da matéria orgânica, desde sua entrada no biodigestor até a produção de biogás e fertilizante.</p>	<p>Reaproveitamento da matéria orgânica (lixo e dejetos); Degradação da matéria orgânica; Seres anaeróbios; Unidade de medidas; Ciclo da matéria.</p>	<p>Montagem da TSD Biodigestor. Roteiro descrevendo os passos da montagem da TSD Biodigestor. Novas problematizações ao término da montagem. Atividade com seis questões abertas (Conclusão da Primeira Elaboração) visando observar as percepções dos estudantes até o dado momento sobre o conteúdo trabalhado.</p>
3º Etapa: Função da Elaboração e compreensão conceitual 1 aula de 50 minutos	<p><i>Compreensão conceitual e social numa Feira de Ciências:</i> Importância da TS do Biodigestor. Emissão de gás Metano. Produção de energia limpa. Geração de biogás.</p>	<p>Desenvolvimento sustentável para a comunidade local; Gerenciamento de resíduos (lixo e dejetos provenientes da pecuária).</p>	<p>Discussão em sala a respeito dos processos e resultados obtidos. Apresentação da TSD Biodigestor na Feira de Ciências.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Aquino et al. (2022, p. 205).

Segundo Aquino et al. (2022), existem diferentes possibilidades para a construção da TSD Biodigestor, sendo recomendadas as orientações da BGS Equipamentos para Biogás, disponíveis em: <https://www.bgsequipamentos.com.br/como-construir-um-mini-biodigestor/>. Com base nessas diretrizes, na segunda etapa da SE (*Primeira elaboração*), foi desenvolvida, em parceria com os estudantes, uma TSD na forma de um Mini Biodigestor (Figura 9).

Figura 9

Estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental montando a TSD Biodigestor a partir da TSC Biodigestor Indiano



Fonte: Acervo dos autores (2024).

A coleta de dados deste trabalho foi realizada durante as três etapas de implementação da SE: 1. *Problematização*, com a abordagem inicial da temática; 2. *Primeira elaboração*, envolvendo a montagem do Mini Biodigestor como TSD; 3. *Função da elaboração e compreensão conceitual*, que incluiu uma roda de conversa e a apresentação de conceitos, teorias e leis relacionados ao Biodigestor para a comunidade local, durante uma Feira de Ciências na escola dos participantes (Figura 8). No processo de implementação da SE, sintetizada na Figura 8, as falas dos estudantes foram registradas por meio de gravações de áudio, que, posteriormente, foram transcritas em turnos de fala sequenciais e numeradas, conforme estabelecido por Carvalho (2011) e Sasseron e Carvalho (2011; 2013).

Metodologia Para Análise de Dados

Para esta pesquisa, os dados coletados consistiram em falas gravadas, transcritas, organizadas em turnos sequenciais e numeradas (Carvalho, 2011), provenientes das etapas da SE: 1. *Problematização*, 2. *Primeira elaboração*, 3. *Função da elaboração e compreensão conceitual*. A Figura 10 apresenta as três etapas de implementação da SE, os eixos de análise e suas subetapas de análise:

Figura 10*Etapas de análise*

Etapas de análise (SE)	Eixos de análise	Subetapas de análise
1. Problematização	Problematização e abordagem inicial da temática.	-
2. Primeira Elaboração	Montagem da TSD Biodigestor.	2.1 Conclusão da primeira elaboração.
3. Função da Elaboração e Compreensão Conceitual	Feira de Ciências: Apresentação da TSD Biodigestor para a comunidade escolar e local.	3.1 Primeira apresentação na Feira de Ciências. 3.2 Segunda apresentação na Feira de Ciências. 3.3 Terceira apresentação na Feira de Ciências.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Para verificar e compreender como se estrutura e qualifica o argumento dos estudantes, bem como identificar as dimensões da ACT escolar, foram utilizados as UT e os ETAC (Figura 3) e os Níveis Hierárquicos da QAM (Figura 4), ambos propostos por Fernandes et al. (2018). Após a identificação da estrutura (UT e ETAC) e da qualidade dos argumentos (QAM) em cada turno de fala, esses elementos foram validados pelo coletivo de pesquisadores do GEPAMEC, a partir de uma revisão e reflexão crítica. Em outras palavras, foi realizada uma revisão contínua das UT, ETAC e QAM em relação a cada turno de fala, além de questionamentos pelos membros do GEPAMEC para avaliar se realmente representavam o que propunham.

Neste artigo, analisaremos somente a terceira etapa da SE apresentada na Figura 10, com o objetivo de identificar as dimensões da ACT por meio da análise da estrutura e qualidade dos argumentos dos estudantes. Durante a Feira de Ciências, os estudantes apresentaram a TSD para a comunidade local em vários momentos. Faremos um recorte de três momentos que consideramos significativos, a fim de ilustrar o que este estudo se propõe. A apresentação da TSD ocorreu em um local arejado, e os estudantes comunicaram à comunidade as medidas de segurança, considerando o manuseio de gás Metano (por exemplo, não fumar perto da TSD Biodigestor). Durante a apresentação, os estudantes destacaram os cuidados que deveriam ser tomados em caso de instalação de um biodigestor real (TS Comunitária). Adicionalmente, a Feira de Ciências funcionou como um espaço para que os estudantes expressassem, de forma crítica e dialógica, o que aprenderam nas duas etapas anteriores da SE (*Problematização* e *Primeira elaboração*), envolvendo tanto a comunidade escolar quanto a não escolar. Essa análise visa caracterizar se é realmente possível desenvolver uma ACT transformadora no ambiente escolar ao implementar uma TSD, com base na intencionalidade do professor.

Resultados e Análise

Por meio da etapa 3. *Função da elaboração e compreensão conceitual*, juntamente com suas três subetapas resultantes da Feira de Ciências (Figura 10), serão apresentadas as análises de fragmentos representativos dos argumentos dos estudantes. Essas análises consideram a estrutura e a qualidade dos argumentos desenvolvidos durante a apresentação de uma TSD, bem como a forma como os estudantes mobilizam as dimensões da ACT escolar.

Função da Elaboração e Compreensão Conceitual: Feira de Ciências com a Apresentação da TSD Biodigestor Para os Atores Sociais Locais

Nesta categoria, concentrarmos nossa atenção na análise da apresentação do Mini Biodigestor como uma TSD, durante uma Feira de Ciências, destacando os atores sociais locais de uma comunidade rural onde a escola está situada. Durante a Feira de Ciências, os estudantes apresentaram a TSD Biodigestor, seus conceitos e implicações sociais, sem a interferência do professor, diferentemente das etapas anteriores da SE. O artigo apresenta recortes e exemplos representativos dos argumentos dos estudantes em três apresentações realizadas, conforme as subetapas de análise descritas na Figura 10.

Primeira Apresentação: Evolução dos Conceitos Científicos Associados à TSD Biodigestor na Feira de Ciências

A Figura 11 apresenta um recorte da primeira apresentação, na qual os estudantes explicam alguns conceitos relacionados ao Biodigestor.

Figura 11

Turnos de fala da primeira apresentação e caracterização da UT e QAM

Turnos	Falas	UT	QAM
100	Professor: Expliquem para o pessoal quais são as duas principais fontes que contribuem para a emissão do gás Metano.		
101	Estudante 1: A emissão do gás Metano pode ocorrer de duas formas. Na primeira, o gás metano vai ser gerado pelos ruminantes, tipo as vacas e os bois que têm aqui em Mendanha .	Explica. Organiza a informação. Exemplifica. Conclui.	2
102	Estudante 2: A segunda forma acontece quando o nosso lixo vai para o aterro sanitário, geralmente eles ficam em um lugar que não tem a presença de gás oxigênio, assim vai produzir um gás poluente, que é o gás Metano.	Explica. Organiza a informação. Exemplifica. Complementa. Conclui.	5

Figura 11*Turnos de fala da primeira apresentação e caracterização da UT e QAM (continuação)*

Turnos	Falas	UT	QAM
103	Estudante 4: Quando queimamos o lixo , também vai produzir gases poluentes, tipo o gás carbônico e o Metano.	Explica. Complementa. Exemplifica. Conclui	2
104	Estudante 3: A emissão que acontece pela ação de ruminantes, ocorre pelas fezes e o arroto desses animais.	Complementa. Explica. Exemplifica.	2
105	Estudante 1: Os ruminantes que têm por aqui são por exemplo, a vaca e o boi, mas as galinhas e o porco já são não ruminantes.	Complementa. Exemplifica. Conclui.	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Neste recorte, os estudantes explicam como ocorre a emissão do gás Metano e quem são os principais responsáveis por ela. Diante disso, evidencia-se, nos turnos 101 a 104, a presença da UT 'explica'. Conforme destacado por Fernandes et al. (2018), ao realizar uma explicação, o sujeito utiliza um ETAC *de sustentação de ideias/informações*, buscando fundamentar uma alegação por meio de afirmações ou evidências empíricas. Nos turnos de fala 101 (E1) e 102 (E2), os estudantes apresentaram a informação de que a emissão do gás Metano pode ocorrer de duas formas distintas. Nesse sentido, observa-se a presença da UT 'organiza a informação', na qual o E1 afirma: “[...] *Na primeira, o gás Metano vai ser gerado pelos ruminantes, tipo as vacas e os bois que têm aqui em Mendenha*”. Posteriormente, o E2 complementa: “*A segunda forma acontece quando o nosso lixo vai para o aterro sanitário...*”. Assim, essa ETAC é concebida como um *elemento organizador de ideias/informações*, em que os estudantes apresentam “uma lista de ideias, pensamentos, informações organizadas e/ou classificadas para se chegar a uma conclusão” (Fernandes et al., 2018, p. 183). Além disso, nos turnos 102 e 104, ao apresentar a segunda forma de emissão de gás Metano, o E2 demonstra a presença da UT 'complementa', pois fornece fundamentos que ampliam a informação fornecida pelo E1 no turno 101. Dessa forma, a UT 'complementa' é definida como um ETAC de *construção de pensamento*. Também foi possível observar que todos os estudantes, no recorte da Figura 11, utilizaram exemplos com o objetivo de proporcionar um melhor entendimento do que estão apresentando. Isso é evidenciado pela presença da UT 'exemplifica', destacando, portanto, o uso do ETAC de *construção de pensamento*. Por fim, nota-se a UT 'conclui', em que os estudantes apresentam *elementos construtores de defesa e conclusão de informações, afirmações e ideias*, o que é fundamental para “o desenvolvimento de capacidades na defesa e conclusão de seus argumentos” (Fernandes et al., 2018, p. 184).

No exemplo dos turnos de fala apresentados na Figura 11, as explicações dos estudantes e os ETAC evidenciados possuem uma relação direta com a **ACT prática**. Isso ocorre porque os estudantes, mesmo sendo crianças e jovens do 8º ano do Ensino Fundamental, utilizaram conteúdos científicos e uma linguagem coerente, demonstrando a compreensão de fenômenos, processos e artefatos presentes em seu entorno.

Em relação aos Níveis Hierárquicos da QAM, observa-se, neste recorte, a presença do nível 2 nos turnos de fala 101, 103, 104 e 105. Isso é evidenciado, por exemplo, quando o E1 explica que: “*A emissão do gás Metano pode ocorrer de duas formas. Na primeira, o gás Metano vai ser gerado pelos ruminantes*”, citando “*as vacas e os bois*” como exemplos. O nível 2 caracteriza-se por apresentar uma ou mais informações contendo justificativas ou fundamentos simples, sem a presença de elementos de refutação na argumentação. Por outro lado, o turno de fala 102 enquadra-se no nível 5, pois complementa a informação fornecida pelo E1 no turno anterior, apresenta informações detalhadas e inclui elementos de conclusão, embora não contenha elementos de refutação.

Ao observarmos os dados coletados na primeira apresentação, especialmente nos turnos destacados em negrito na Figura 11, percebemos que os estudantes conseguiram apresentar e problematizar os aspectos relacionados à emissão do gás Metano numa perspectiva da **ACT prática e cívica** (“*E2: A segunda forma acontece quando o nosso lixo [tecnologia] vai para o aterro sanitário...*”). Além disso, notamos nos argumentos que os estudantes conseguem aplicar os conceitos trabalhados ao longo das etapas anteriores e apresentá-los em situações reais do cotidiano da comunidade. No entanto, neste recorte, não identificamos a **ACT cultural** nem a **ACT como transformação social**, pois, por exemplo, os estudantes não evidenciaram em suas falas como a TSD poderia transformar sua realidade.

Segunda Apresentação: A Explicação Sobre a Montagem da TSD Biodigestor

Na segunda apresentação, analisamos a explicação dos estudantes durante a Feira de Ciências sobre a montagem da TSD Biodigestor para a comunidade escolar. Destacamos, como aspecto relevante, a forma como eles apresentaram os conceitos científicos relacionados à montagem e ao funcionamento da TSD desenvolvida, com base nas etapas da SE: 1) Problematização e 2) Primeira Elaboração. A Figura 12 ilustra um recorte dessa apresentação.

Figura 12*Turnos de fala da segunda apresentação e caracterização da UT e QAM*

Turnos	Falas	UT	QAM
129	Estudante 4: Nós pintamos o recipiente de preto, para absorver uma maior quantidade de calor e assim vai manter um ambiente bom para a proliferação das bactérias que vão degradar os dejetos que a gente adicionar dentro do Mini Biodigestor.	Explica. Justifica. Conclui.	5
130	Estudante 5: Esse Mini Biodigestor também é uma boa solução para quem não tem condições de comprar um botijão de gás, porque geralmente é muito caro.	Explica. Justifica. Conclui	2
131	Estudante 4: A gente também pode utilizar o Mini Biodigestor como uma solução para a produção de gás de cozinha, além disso, ele pode diminuir a emissão do gás Metano no meio ambiente.	Explica. Complementa. Apoia. Conclui.	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A partir da análise dos turnos 129 a 131, constatamos que os E4 e E5 apresentaram uma progressão argumentativa, tanto na estrutura quanto nos níveis de qualidade de seus argumentos. Ao examinarmos esses turnos de fala, identificamos a presença da UT ‘explica’, em que os E4 e E5 explicam os processos e destacam a importância da TSD Biodigestor, sustentando as ideias apresentadas com o objetivo de chegar a uma conclusão. Nesse contexto, temos um ETAC que atua como um *elemento de sustentação de ideias ou informações*. No turno de fala 131, observamos que o E4 apresenta a UT ‘complementa’, originada do argumento do E5 no turno 130, e, em seguida, ‘conclui’. O E4 acrescenta que, além da TSD Biodigestor ser uma solução para a produção de gás de cozinha, também “*pode contribuir para a redução da emissão de gás Metano no meio ambiente*”. Embora esse argumento não represente uma conclusão totalmente correta, é importante considerar que a diminuição do Metano no meio ambiente depende de diversos processos. Ainda assim, nessa perspectiva, o ETAC é caracterizado como um *elemento construtor de pensamento (complementa) e de conclusão (conclui)*.

Nos turnos de fala 129 a 131, identificamos a UT ‘conclui’, em que os E4 e E5 chegam a conclusões sobre o motivo de pintar o equipamento de preto, destacando também questões sociais. O raciocínio dos estudantes tem início em uma **ACT prática** (“E5: *Nós pintamos o recipiente de preto, para absorver uma maior quantidade de calor...*”) e evolui para a dimensão **cívica** (“E4: ... *ele pode diminuir a emissão do gás Metano no meio ambiente*”), culminando em uma **ACT voltada para a transformação social** (“E5: *Esse Mini Biodigestor também é uma boa solução para quem não tem condições de comprar um botijão de gás...*”). Quando os estudantes concluem, o ETAC é caracterizado como um *elemento construtor de defesa e conclusão*, no qual suas ideias e afirmações são

consolidadas. Em especial, no turno 130, destacamos que a conclusão foi acompanhada de uma sugestão de mudança fundamentada na compreensão de uma situação social. Além disso, o argumento apresentado revelou-se reflexivo e crítico, abordando uma questão social contemporânea que demanda ações políticas e econômicas relacionadas à ciência e à tecnologia (Fernandes et al., 2024; Sjöström, 2024): “E5: [...] *uma boa solução para quem não tem condições de comprar um botijão de gás, porque geralmente é muito caro*”.

Ao analisarmos os Níveis Hierárquicos da QAM, constatamos que os turnos de fala 129 e 131, apresentados pelo E4, estão no nível 5. Em suas falas, são fornecidas uma ou mais informações acompanhadas de justificativas e fundamentos detalhados. Por exemplo, no turno 129, o E4 afirma: “*Nós pintamos o recipiente de preto para absorver uma maior quantidade de calor e, assim, vai manter um ambiente adequado para a proliferação das bactérias que vão degradar os dejetos que a gente adicionar*” (ACT prática evoluindo para uma ACT cívica). Já no turno 131, o E4 declara: “*Também é possível usar o Mini Biodigestor como uma solução para a produção de gás de cozinha; além disso, ele pode diminuir a emissão de gás Metano no meio ambiente*”. Nessas duas afirmações, o E4 apresenta informações consistentes, sustentadas por justificativas detalhadas e conclusivas, mesmo que o argumento não esteja totalmente correto.

Por outro lado, o turno 130, apresentado por E5, enquadra-se no nível 2, pois traz um argumento com fundamentos mais simples em comparação com o E4. Quando o E5 afirma: “*Esse Mini Biodigestor também é uma boa solução para quem não tem condições de comprar um botijão de gás*”, a linguagem empregada não possui o mesmo rigor científico de E4, embora inclua uma conclusão: “[...] *porque geralmente é muito caro*”. Nesse caso, identificamos a ausência de uma ACT escolar prática, mas a presença das dimensões cívica e de transformação social.

Terceira Apresentação: Aspectos Relacionados à Montagem, à Estrutura e ao Funcionamento da TSD Biodigestor

Nesta apresentação, analisamos um recorte que evidencia a participação de membros da comunidade (atores sociais locais) na Feira de Ciências. Esses participantes levantaram questionamentos aos estudantes sobre o funcionamento da TSD Biodigestor, os detalhes de sua montagem e as possibilidades de sua implementação na comunidade.

Figura 13

Turnos de fala da terceira apresentação e Caracterização da UT e QAM

Turnos	Falas	UT	QAM
144	Estudante 5: Esse tubo que está em cima é por onde colocamos as coisas dentro do biodigestor. Saindo do biodigestor, tem essa mangueira, que é por onde o gás Metano sai e vai para essa câmara de ar. Aqui dentro fica o biogás.	Explica. Organiza a informação. Classifica a informação.	4
145	Estudante 4: Esse gás é totalmente inflamável.	Complementa.	0

Figura 13*Turnos de fala da terceira apresentação e Caracterização da UT e QAM (continuação)*

Turnos	Falas	UT	QAM
146	Participante: E por que tem que pintar de preto?		
147	Estudante 2: Porque a cor preta absorve melhor a luz solar, e dentro do biodigestor precisa de ter uma temperatura mais alta para as bactérias sobreviverem.	Responde. Descreve. Explica. Justifica. Raciocina (Lógica e Proporcionalmente). Conclui.	5
148	Estudante 1: Esse biodigestor pode substituir o gás de cozinha, que é caro e, para muita gente aqui em Mendanha, não é acessível e que poderia ser uma boa solução.	Explica. Justifica. Conclui.	2
149	Participante: E por que que não pode haver vazamento no recipiente?		
150	Estudante 7: Porque se tiver vazamento, o processo não dá certo e as bactérias morrem.	Responde. Explica. Conclui.	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No turno 144, o E5 apresenta as peças e o funcionamento da TSD Biodigestor a um membro da comunidade local (ator social local), sendo caracterizado pela UT ‘explica’ e classificado como um ETAC *de sustentação de ideias/informações*. Essa UT também é identificada nos turnos de fala 147 (E2), 148 (E1) e 150 (E7), integrando um processo em que os estudantes buscam fornecer explicações mais detalhadas sobre a estrutura e os processos relacionados à montagem da TSD Biodigestor, caracterizando-se como uma **ACT prática**. Quando o E5 lista as estruturas e suas funcionalidades da TSD Biodigestor, evidenciam-se as UTs ‘organiza a informação’ e ‘classifica a informação’, que atuam como *elementos organizadores de ideias/informações*.

No turno 147, o E2, ao responder ao questionamento do participante da comunidade, manifesta a presença da UT ‘raciocina (lógica e proporcionalmente)’ ao responder: “*Porque a cor preta absorve melhor a luz solar e dentro do biodigestor precisa ter uma temperatura mais alta para as bactérias sobreviverem*”. Isso demonstra que o E2 tem a convicção de que, em uma temperatura mais elevada, há maior probabilidade de as bactérias sobreviverem. Essa UT é classificada como um elemento *construtor de raciocínio*. Fernandes et al. (2018, p. 182) salientam que “o raciocínio pode ser apresentado de forma lógica (a partir de elementos corretos) ou proporcional (relacionando-o com as variáveis)”. Nesse turno de fala, identificamos também a presença de uma **ACT prática**, já que o E2 buscou apresentar os processos e funcionamentos da TS.

Nos turnos 147 (E2), 148 (E1) e 150 (E7), verificamos também a presença da UT ‘conclusão’, em que os estudantes, em suas respostas, apresentam conclusões e afirmações relacionadas às perguntas dos participantes. Consideramos essa UT como um ETAC de *construção de defesa e conclusão*.

Ao analisarmos os Níveis Hierárquicos da QAM, constatamos que o E5, no turno 144, apresenta o nível 4. Já no turno 147, observamos que o argumento do E2 atinge o nível 5, pois, ao ser questionado pelo participante, ele apresenta uma ou mais informações sustentadas por justificativas. Por exemplo, ao explicar que a cor preta absorve melhor a luz solar e que, no interior do biodigestor, é necessário manter uma temperatura mais alta para a sobrevivência das bactérias, E2 afirma: “*Porque a cor preta absorve melhor a luz solar*”; ou “[*Porque*] dentro do biodigestor precisa de ter uma temperatura mais alta para as bactérias sobreviverem”. Apesar disso, notamos que a resposta inclui uma conclusão, mas não apresenta elementos de refutação.

No turno de fala 148, observamos que o argumento do E1 se classifica no nível 2. Embora contenha justificativas ou fundamentos mais simples, ele inclui uma conclusão, mas sem refutação. Esse argumento se caracteriza pela dimensão de **ACT cívica**, com potencial para evoluir para a **ACT como transformação social**. Identificamos, ainda, uma contextualização social do conhecimento científico e tecnológico em relação à economia e ao consumo, como na fala: “*E1: Esse biodigestor pode substituir o gás de cozinha, que é caro...*”. Além disso, percebemos uma reflexão crítica e problematizadora sobre uma questão social e econômica que impacta a vida das pessoas na comunidade: “... para muita gente, aqui em Mendanha, não é acessível e que poderia ser uma boa solução”.

Diante dos exemplos e dos recortes de turnos de fala que analisamos, as UTs e seus ETACs mostraram-se instrumentos significativos para identificar tanto a estrutura e a qualidade dos argumentos quanto as dimensões da ACT mobilizadas pelos estudantes. Essas dimensões emergiram a partir da evolução conceitual, das contextualizações sociais e históricas e das possibilidades de despertar o desejo por transformações sociais. No entanto, reconhecemos que, apesar desses avanços, ainda há necessidade de aprofundarmos o desenvolvimento de todas as dimensões da ACT, especialmente a ACT como transformação social, no contexto escolar.

Considerações Finais e Implicações

A discussão teórico-metodológica sobre a ACT escolar, de Fernandes et al. (2014), busca iluminar a possibilidade de alcançar e/ou desenvolver a transformação social iniciada na sala de aula. Embora a bibliografia em Educação em Ciências enfatize a AC e seus diferentes aportes teóricos, procuramos contribuir para que a ACT também seja capaz de promover a transformação social no contexto escolar. O termo “transformação social” vem ganhando destaque na literatura brasileira em Educação em Ciências (Archanjo Junior & Gehlen, 2020; Roso, 2017; Silva & Sasseron, 2021) e, na literatura internacional, aproxima-se da Visão III para a AC (Sjöström & Eilks, 2018; Sjöström, 2024; Valladares, 2021). No entanto, existem poucos estudos teóricos e aplicações educacionais sobre como promover a ACT escolar como transformação social.

O texto apresentado buscou responder e refletir sobre a questão de investigação: *Práticas educativas baseadas na intencionalidade do professor e no estudo e desenvolvimento de TSD podem promover a ACT escolar como transformação social?* Primeiramente,

reforçamos que o desenvolvimento da ACT escolar depende da intencionalidade do professor e que a transformação social é o objetivo que se almeja para os estudantes, juntamente com as dimensões prática, cultural e cívica da ACT. A questão central também acompanha algumas questões secundárias, por exemplo: *como planejar um ensino baseado na ACT? Como identificar se o aluno desenvolveu alguma dimensão de ACT?* Para isso, o modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT como transformação social, a partir de uma TSD, esquematizado na Figura 2, nos propõe uma possibilidade. Nesse sentido, defendemos a importância do papel do professor em sala de aula, ressaltando o uso de uma intencionalidade didática que pode ser apoiada em práticas educativas fundamentadas em abordagens, metodologias e perspectivas de ensino, estabelecendo conexões com as TSDs no contexto de sala de aula.

Em segundo lugar, a inclusão da TSD como recurso teórico na Educação Científica vem ganhando destaque como uma possibilidade de desenvolver a ACT no ambiente escolar (Allain & Fernandes, 2022; Fernandes et al., 2024; Archanjo Junior & Gehlen, 2020, 2021) e mobilizar a dimensão transformação social. Um exemplo significativo foi o momento em que os estudantes apresentaram o Mini Biodigestor à comunidade escolar (atores sociais e locais) como uma TSD, abordando e problematizando aspectos conceituais e sociais. Nesse contexto, observou-se a predominância da ACT prática, seguida da ACT cívica, que evoluiu para a dimensão transformação social. Essa evolução, observada nos exemplos de turnos de fala analisados, sugere que a dimensão de transformação social da ACT escolar não emerge de forma imediata durante o desenvolvimento de uma SD. Em vez disso, ela depende de três dimensões: a prática, relacionada à compreensão de conceitos, leis e teorias dos processos da Ciência e da Tecnologia; a cultural, que envolve a compreensão dos contextos históricos e sociais do conhecimento científico e tecnológico; e a cívica, referente à contextualização social dos conhecimentos científicos e tecnológicos.

Em terceiro lugar, a reorganização curricular por meio da SE, com foco na montagem de uma TSD, como o Mini Biodigestor, permitiu que os estudantes trabalhassem conteúdos de Ciências, Geografia, Matemática, Educação Ambiental, entre outros, de maneira multi/pluridisciplinar. Apontar as possibilidades e limitações da SE não foi o objetivo deste estudo, mas perspectivas de renovação curricular, como a SE (Massena & Rodrigues, 2021) e a Abordagem Temática Freireana (Archanjo Junior & Gehlen, 2020), indicam resultados significativos para a realização de um ensino de Ciências contextualizado e próximo da comunidade escolar.

Por fim, o uso das UTs e dos ETACs nos mostra, inicialmente, que a ACT como transformação social não surge de imediato nas reflexões e interações discursivas. As dimensões da ACT podem evoluir uma a partir da outra, sendo a dimensão **transformação social dependente da intencionalidade do professor**. Em outras palavras, a ACT como transformação social poderia ser também evidente em contextos de diálogo problematizador, como rodas de conversa ou aulas que discutiriam a finalidade de uma TS Comunitária e TSD, com foco em questões sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas à ciência e à tecnologia.

Quanto às limitações deste estudo, destacamos a impossibilidade de apresentar os resultados de todas as etapas da SD, sintetizadas na Figura 8, optando-se por expor apenas a última etapa. Por exemplo, questões como: *Quanto de matéria orgânica deve ser colocada no biodigestor para gerar Metano suficiente para uma família?* ou *Em quais localidades é viável construir uma TS Comunitária?* foram exploradas na Etapa 1 (*Problematização*), mas não puderam ser detalhadas neste estudo. Apesar disso, todas as etapas foram significativas no processo de construção do conhecimento dos estudantes. A dimensão cultural da ACT, por exemplo, foi evidenciada durante o desenvolvimento da Etapa 2 da SD (*Primeira Elaboração*), enquanto a dimensão transformação social da ACT emergiu com mais clareza na Etapa 1 (*Problematização*), quando os estudantes refletiram sobre o papel da TS e na roda de conversa que antecedeu a Feira de Ciências.

Contudo, espera-se que este trabalho possa inspirar professores da Educação Básica a desenvolver atividades baseadas em TSD para mobilizar a ACT. Além da apropriação de vários conceitos científicos, o texto apresentado buscou propor um ensino de Ciências mais significativo, atrativo e crítico aos estudantes.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido como parte dos trabalhos do GEPAMEC, e os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora, processo n. 306179/2021-0, e pelos financiamentos obtidos por meio do Projeto Universal, processo n. 408143/2021-5, e Universal FAPEMIG, processo APQ-000141-18.

Referências

- Allain, L. R., & Fernandes, G. W. R. (Org.). (2022). *Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar*. Editora Livraria da Física.
- Aquino, H. C., Fernandes, I. H., Paula, L. T. F., Barbosa, M. E. S., Martins, A. R., & Pires, U. (2022). Situação de Estudo baseada no Biodigestor. In L. R. Allain & G. W. R. Fernandes (Org.), *Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar* (pp. 197–216). Editora Livraria da Física.
- Archanjo Junior, M. G. D., & Gehlen, S. T. (2020). A Tecnologia Social e sua Contribuição para a Educação em Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20, 345–374. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u345374>
- Archanjo Junior, M. G. D., & Gehlen, S. T. (2021). A tecnologia social na programação de um currículo crítico-transformador na educação em ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, e24929, 1–21. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230112>

Bocheco, O. (2011). *Parâmetros para a abordagem de evento no Enfoque CTS* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina). Repositório Institucional da UFSC. <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95281>

Bybee, R. W. (1995). Achieving scientific literacy. *The Science Teacher*, 62(7), 28–33. <https://www.jstor.org/stable/24149552>

Carvalho, A. M. P. de. (2011). Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In F. M. T. dos Santos & I. M. Greca (Orgs.), *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias* (2^a ed., pp. 13–47). Editora Unijuí.

Dagnino, R. (Org.). (2010). *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade* (2^a ed.). Komedi.

Dagnino, R. (2014). *Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas*. EDUEPB.

Fernandes, G. W. R., Rodrigues, A. M., & Ferreira, C. A. (2018). Os fundamentos essenciais da argumentação no ensino de Ciências: um estudo a partir das unidades, elementos taxonômicos e qualidade do argumento. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 1020–1059. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p1020>

Fernandes, G. W. R., & Allain, L. R. (2021). Diálogos entre situação de estudo e permacultura: uma proposta interdisciplinar para o ensino de ciências. In E. P. Massena & A. S. M. Rodríguez (Org.), *Reconfiguração curricular no ensino de ciências* (pp. 139–154). Editora Unijuí.

Fernandes, G. W. R., Araújo, A. O., & Santos, D. L. (2022a). Proposições de Situações de Estudo a partir de Práticas de Permacultura e Tecnologias Sociais. In L. R. Allain & G. W. R. Fernandes (Org.), *Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar* (pp. 117-124). Editora Livraria da Física.

Fernandes, G. W. R. F., Allain, L. R., & Dias, I. R. (2022b). *Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências*. Editora Livraria da Física.

Fernandes, G. W. R., Fernandes, I. H., & Santos, D. L. (2024). Alfabetização Científica e Tecnológica como transformação social: uma reflexão para a sua promoção no ensino de Ciências a partir de uma Tecnologia Social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 26, e53183. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240195>

Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa* (3^a ed.). Artmed.

Fourez, G. (1997). *Alfabetización Científica y Tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Ediciones Colihue.

Freire, P. (1987). *Pedagogia do oprimido*. Paz & Terra.

- Lorenzetti, L. (2021). A Alfabetização Científica e Tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na Educação em Ciências. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. Alves Filho (Org.), *Alfabetização Científica e Tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (pp. 47–73). Editora Livraria da Física.
- Massena, E. P., & Rodriguez, A. S. M. (Org.) (2021). *Reconfiguração curricular no ensino de Ciências*. Editora Unijuí.
- Milaré, T., & Richetti, G. P. (2021). História e Compreensões da Alfabetização Científica e Tecnológica. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. P. Alves Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas*. (pp. 19–47). Editora Livraria da Física.
- Roso, C. C. (2017). *Transformações na educação CTS: uma proposta a partir do conceito de tecnologia social* (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina). Repositório Institucional da UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/187060>
- Sá, L. P., & Queiroz, S. L. (2007). Promovendo a argumentação no ensino superior de Química. *Química Nova*, 30(8), 2035–2042. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000800041>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Construindo argumentação na sala de aula: A presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, 17(1), 97–114. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100007>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2013). Ações e indicadores da construção do argumento em aula de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(2), 169–189. <https://doi.org/10.1590/1983-21172013150211>
- Silva, F. C., Nascimento, L. A., Valois, R. S., & Sasseron, L. H. (2022). Ensino de Ciências como Prática Social: Relações entre as normas sociais e os domínios do conhecimento. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 39–51. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.iencl2022v27n1p39>
- Silva, M. B. E, & Sasseron, L. H. (2021). Alfabetização Científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, e34674, 1–20. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In Y. Judy, Z. Mevarech, & D. Baker (Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education. Learning, teaching and assessment* (pp. 65–88). Springer International Publishing.

Sjöström, J. (2024). Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, 1–36. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2405229>

Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation: Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. *Science & Education*, 30(3), 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>



Iury Henrique Fernandes

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina, Minas Gerais, Brasil
iury.henrique@ufvjm.edu.br



Danilo Lopes Santos

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
danilolopes.edu@.com



Geraldo Wellington Rocha Fernandes

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina, Minas Gerais, Brasil
geraldo.fernandes@ufvjm.edu.br

Editora Responsável

Silvana Sousa do Nascimento

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

Copyright (c) 2025 Iury Henrique Fernandes, Danilo Lopes Santos, Geraldo Wellington Rocha Fernandes



Este texto é licenciado pela [Creative Commons BY 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer meio ou formato) e Adaptar (remixar, transformar e construir sobre o material para qualquer finalidade mesmo comercialmente) sob os seguintes termos de licença:

Atribuição: você deve dar os devidos créditos, fornecer um link para a licença e indicar se foram feitas alterações. Pode fazê-lo de qualquer maneira desde que fique claro que o licenciante não endossa você ou seu uso.

ShareAlike: se você remixar, transformar ou construir sobre o material, deve distribuir suas contribuições sob a mesma licença do original.
