10.52712/issn.1850-0013-714

Textos de divulgação científica como estratégia didática na abordagem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA): contribuições para a alfabetização científica na educação básica *

Los textos de divulgación científica como estrategia didáctica en el enfoque de ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA): aportes a la alfabetización científica en la educación básica

Scientific Popularization Texts as a Teaching Strategy in the Science, Technology, Society and Environment (STSE) Approach: Contributions to Scientific Literacy in Basic Education

Diana Araújo de Sousa, Leonardo Baltazar Cantanhede, Severina Coelho da Silva Cantanhede e Floriza Gomide Sales Rosa Meireles **

Uma prática pedagógica que almeja níveis mais elevados de alfabetização científica dos alunos, pode ser pautada na divulgação científica, que apresenta os subsídios necessários à sua realização e recursos didáticos apropriados a esse fim. Neste trabalho, buscamos selecionar e caracterizar textos de divulgação científica da revista *Ciência Hoje* para a alfabetização científica no ensino de química com ênfase no conteúdo: o estudo dos gases. Nessa perspectiva, foi elaborada uma estratégia didática pautada no uso de textos de divulgação científica como recurso didático numa abordagem da ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA). A análise foi realizada segundo o esquema de seleção e categorização de textos de divulgação científica proposto por Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015) e os eixos estruturantes da alfabetização científica propostos por Sasseron & Machado (2017). O texto "O Ártico na máquina do tempo" mostrou-se adequado para ser utilizado como recurso didático visando a promoção da alfabetização científica na intervenção pedagógica planejada para uma turma de 1ª série do ensino médio. Além disso, a abordagem CTSA permitiu aos alunos uma visão menos simplista e distorcida da ciência e tecnologia.

Palavras-chave: ensino de química; alfabetização científica; CTSA; divulgação científica

* Recepción del artículo: 11/07/2024. Entrega del dictamen: 22/08/2024. Recepción del artículo final: 17/10/2024.

** *Diana Araújo de Sousa:* graduada em química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA/Campus Codó), Brasil. Correio eletrônico: sousadiana704@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3488-9509. *Leonardo Baltazar Cantanhede:* Departamento de Educação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA/Campus Codó), Brasil. Correio eletrônico: leonardo.cantanhede@ifma.edu.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9532-5566. *Severina Coelho da Silva Cantanhede:* graduada em pedagogia, Universidade Federal do Maranhão (UFMA/Campus Codó), Brasil. Correio eletrônico: severina.cantanhede@ufma.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7963-932X. *Floriza Gomide Sales Rosa Meireles:* Departamento de Educação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA/Campus Codó), Brasil. Correio eletrônico: floriza.rosa@ifma.edu.br. ORCID: https://orcid.org/0009-0003-7317-0473.

10.52712/issn.1850-0013-714

Para obtener mayores niveles de alfabetización científica entre los estudiantes, una práctica pedagógica puede basarse en la comunicación de la ciencia, que proporciona los recursos necesarios y didácticos para este fin. En este artículo se busca seleccionar y caracterizar textos de comunicación científica de la revista *Ciência Hoje* para la alfabetización científica en la enseñanza de la química, con énfasis en contenidos sobre el estudio de los gases. A partir de esta perspectiva, se elaboró una estrategia basada en el uso de textos de comunicación científica como recurso didáctico para el abordaje de los estudios sobre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA). El análisis se realizó según el esquema de selección y categorización de textos de comunicación científica propuesto por Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015) y los ejes estructurantes de la alfabetización científica propuestos por Sasseron & Machado (2017). El texto "El Ártico en la máquina del tiempo" demostró ser adecuado como recurso didáctico destinado a promover la alfabetización científica en la intervención pedagógica prevista para una clase de primero de bachillerato. Además, el enfoque de los textos de comunicación científica proporcionó a los alumnos una visión menos simplista y distorsionada de la ciencia y la tecnología.

Palabras clave: enseñanza de la química; alfabetización científica; CTSA; divulgación científica

To seek higher levels of scientific literacy among students, pedagogical practices can be based on science communication, which provides the necessary and didactic resources for this purpose. In this article we sought to select and characterize science communication texts from the journal Ciência Hoje *for scientific literacy in chemistry teaching, with an emphasis on contents related to the study of gases. From this perspective, a strategy was developed based on the use of science communication texts as a didactic resource in a science, technology, society and environment (STSE) approach. The analysis was carried out according to the selection and categorization scheme for science communication texts proposed by Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015), and the structuring axes of scientific literacy proposed by Sasseron & Machado (2017). The text "The Arctic in the Time Machine" proved to be suitable as a teaching resource aimed at promoting scientific literacy in a pedagogical intervention planned for a first-grade high school class. In addition, the STSE approach gave students a less simplistic and distorted view of science and technology.*

Keywords: *chemistry teaching; scientific literacy; STSE; scientific popularization*

10.52712/issn.1850-0013-714

Introdução

A difusão de conhecimentos científicos para o público geral é um movimento denominado divulgação científica (DC) e acerca dos vários conceitos atribuídos a esse processo considera-se que, apesar das variações históricas, socioculturais e discursivas, o objetivo da DC é a disseminação de saberes e o acesso ao conhecimento científico pôr um público não especialista (Ferreira, 2012). Neste sentido, o século XX proporcionou um grande impulso da DC ocasionado por eventos como as grandes guerras e o desenvolvimento industrial. Uma outra faceta da DC é a sua capacidade de contribuir para a alfabetização científica (AC) dos indivíduos, pois ambos os processos proporcionam o acesso ao conhecimento científico (Germano & Kulesza, 2007).

Assim, no contexto educacional, a AC se apresenta como um processo sistematizado na e pela escola, mais precisamente na educação básica, que representa o lócus da AC (Chassot, 2018). Com o aumento da produção de informações científicas e tecnológicas oriundas dos diferentes meios de comunicação e, numa velocidade que a escola não consegue acompanhar, o ensino de ciências naturais, atualmente, demanda aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprias dessas ciências, considerando que tais aprendizados têm influência na vida da sociedade e que as aprendizagens representam uma abertura para novas visões de mundo (Brasil, 2018). Diante disso, os currículos de ciências que propõem a AC de estudantes têm buscado na abordagem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) uma nova forma para discutir ciências, com mais aprofundamento nos elementos da tecnologia e da sociedade, facilitando a leitura de mundo dos estudantes, de modo a contribuir com a tomada de decisões para a transformação social (Nascimento & Mól, 2020).

Entendendo que o homem é multideterminado, isto é, cuja formação deve levar em consideração aspectos neurobiológicos, socioculturais e subjetivos de sua constituição, por exemplo, o processo de ensino-aprendizagem deve levar em conta tais fatores, para que sejam significativos os tão almejados resultados da construção do conhecimento (Bock, Furtado & Teixeira, 1999). Essa observação se torna ainda mais relevante do ponto de vista histórico, uma vez que o homem passa a se entender como parte de um contexto mais complexo de produção, tanto material quanto científica, a partir da modernidade. Por outro lado, no contexto do enfoque CTS, os resultados do processo de evolução científica, tecnológica e seus desdobramentos de caráter político, econômico e ambiental são difíceis de serem acompanhados pela escola e pela sociedade, já que se encontram distantes das elitizadas discussões de natureza academicista, ainda que estejam, contraditoriamente, imersas nas produções da própria ciência e da tecnologia (Freitas, Santos, Pierson, Calafell & Santos, 2022). Problemas econômicos, políticos, movimentos e lutas pela democracia, preservação do meio ambiente (como os movimentos ambientalistas), dentre outros, elevaram a sociedade a uma posição mais crítica a respeito da sua participação na direção da pesquisa científica e solução de problemas, resultando, a partir daí, em uma produção de conhecimentos que articula ciência, tecnologia e sociedade, visando inclusive as possibilidades dessa articulação no campo educacional (Brasil, 2018; Cunha & Perlin, 2020).

Considerando ainda que um dos propósitos da educação escolar numa abordagem CTSA, é promover níveis de AC cada vez mais altos, é possível empregar a relação que existe entre a AC e a abordagem CTSA à luz de suas aproximações e diferenças (Lorenzetti, 2023). Ricardo *et al.* (2004) sublinham que existem diferenças fundamentais entre a abordagem CTSA e a perspectiva AC e, destacar isso é importante, pois apesar das semelhanças entre elas ocasionar inversão de papéis, a alfabetização cientifica enfatiza a comunicação; a apropriação de conceitos científicos, mobilizando os conceitos apreendidos em contextos e situações-problemas; implica ainda em um saber fazer-poder fazer, privilegiando assim a teorização e a modelização; ao passo que a abordagem CTSA fornece instrumentos para os envolvidos discutirem e participarem ativamente. Ela se apresenta como "uma perspectiva de prover os alunos de instrumentos para a discussão e a participação em situações nas quais fatores científicos estarão em jogo na tomada de decisão" (Ricardo *et al.*, 2004, p. 5).

Nesse contexto, a abordagem CTSA visa a alfabetização científica e tecnológica, a aprendizagem dos conteúdos científicos para uma aproximação também da atividade científica. Atividades dirigidas para uma visão mais ampla da ciência e tecnologia (Lopes & Garcia, 2019). Com a perspectiva de que a DC pode contribuir para a AC dos indivíduos, no contexto dos meios de DC destaca-se a revista *Ciência Hoje*, uma revista criada em 1982, produzida por cientistas integrantes da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e sendo direcionada a comunidade acadêmica, professores, estudantes e sociedade em geral. Com linguagem simples, resguardado o rigor científico, característica principal dos textos de divulgação científica (TDC), a revista *Ciência Hoje*[1] incentiva o debate em torno de questões da ciência, da cidadania e temas sociais (Cantanhede, 2012). Entende-se que, especialmente pelo que sugere a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tais debates favorecem a democratização da ciência e amparam a utilização dos TDC em sala de aula dado seu grande potencial como recurso didático para o ensino das ciências da natureza (Brasil, 2018).

Segundo Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015), os TDC da revista *Ciência Hoje* podem ser utilizados como recurso didático em sala de aula, pois os TDC apresentam um panorama da produção intelectual e tecnológica das universidades, institutos, centros de pesquisa nacionais e dos avanços da ciência internacional, com direcionamento tanto à comunidade acadêmica, quanto aos professores, estudantes e sociedade em geral. Assim, o objetivo desta investigação foi desenvolver e avaliar uma estratégia didática para a AC no ensino da química sobre o conteúdo "os gases e suas transformações" explorando TDC.

1. Para obter mais informações, visite o site: https://cienciahoje.org.br.

10.52712/issn.1850-0013-714

1. Contextualização teórica

1.1. O ensino de ciências no Brasil e a abordagem CTSA

As pesquisas na área de ensino de ciências no Brasil têm início nos anos de 1970, a partir da necessidade de proporcionar aos estudantes um ensino de ciências voltado para o letramento científico, desde as séries iniciais do ensino fundamental. Tais mudanças são vistas hoje nos documentos educacionais oficiais, com orientações apontando para uma formação geral básica, com valorização do letramento científico ou na AC (Nascimento & Mól, 2020). Essa formação implica que as novas abordagens de ensino de ciências sejam críticas e reflexivas, considerando as relações da ciência com a tecnologia, a sociedade e os aspectos ambientais associados, afastando-se da neutralidade ou de posições ingênuas sobre o entendimento da ciência e da tecnologia. Gil-Pérez *et al*. (2020) comenta que posicionamentos simplistas demais, que exaltam a ciência e a tecnologia, devem ser criticados, assim como aqueles que as culpabilizam pelos desdobramentos indesejáveis, tendo em vista que a responsabilidade deve ser estendida a economistas, trabalhadores, políticos, enfim, a toda a sociedade.

É importante que essa visão crítica e reflexiva da produção científica e tecnológica estejam em perspectiva nas novas abordagens de ensino. A escola, afirma Chassot (2018), pode ampliar suas possibilidades e potencial transformador ao fazer uma construção de saberes escolares de forma recontextualizada, não reduzindo o processo de ensino a mera transmissão de saberes, mas ensejando o pensamento crítico e reflexivo. Assim, a educação passa a ser pensada também para a formação cidadã dos indivíduos, para que compreendam as transformações do mundo moderno e se tornem capazes de atuar como agentes dessa transformação.

É nesse sentido que a abordagem CTSA se faz importante, alcançando consolidação em momentos de debates sobre ciência e tecnologia em diversos países. Nos Estados Unidos, a década de 1980 é marcada pela presença da abordagem CTSA no espaço educacional, enquanto no Brasil, o movimento CTSA se insere no âmbito educacional na última década no século XX, pois a efetiva abordagem CTSA nas escolas dependeria de elementos como mudanças no currículo escolar, capacitação e preparo de professores, além de publicações sobre a abordagem CTSA no ensino (Cunha & Perlin, 2020; Ricardo *et al*., 2004). Outro ponto a se considerar é a perspectiva crítica da educação científica na abordagem CTSA, pois o debate político para a formação cidadã, no que tange aos impactos da ciência e tecnologia na sociedade, só produz um novo modelo de desenvolvimento a partir de uma visão crítica (Santos, 2011).

Para essa visão crítica, deve-se considerar novas abordagens de ensino e o papel do professor, que ganha destaque, segundo as tendências pedagógicas progressistas, como um estimulador do pensamento autônomo e da reflexão com sentido (Bosi & Brasão, 2020). Nesta perspectiva, o aluno não é visto como passivo no processo de ensino-aprendizagem e a ação docente é facilitadora e mediadora na construção do conhecimento crítico. Assim, a atuação do professor no planejamento de aula, consciente da necessidade da relação entre teoria e prática e da promoção de situações de aprendizagem crítico-reflexivas, complexas e ampliadas pelo

pensamento científico, torna necessária a ressignificação da própria práxis docente, para uma melhoria da prática educativa (Célia, Barcelos & Moll, 2021).

Outro aspecto que merece destaque, é o que se refere ao conteúdo da aprendizagem. As teorias cognitivistas podem, neste sentido, contribuir também para compreensão ampliada do papel dos alunos nesse processo e se apresentarem como um importante instrumento na prática docente, uma vez que apontam para a importância da significação do conteúdo e da construção e articulação de conceitos-chave (subsunçores), os quais atuam como âncoras de sustentação de um conhecimento significativo. Tal construção de sentidos é fundamental para a estruturação de uma educação CTS que tenha como foco a AC de seus estudantes (Ribeiro & Artuso, 2020; Tibáo, 2021).

Atualmente, a Base Nacional Comum Curricular (2018) orienta para uma formação geral básica com propostas pedagógicas promovedoras das aprendizagens essenciais, aprendizagens que contemplem os objetivos de ensino e a demanda educacional. No que concerne a formação do professor, Carvalho & Gil-Perez (2011) salientam que uma mudança didática é necessária e o professor deve agir como orientador de equipes de pesquisadores iniciantes, com uma prática avaliativa estendida aos aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais, visando a finalidade do ensino da ciência. Essa abordagem defende adoção de propostas que passam pelo domínio de conceitos-chave, pois sem domínio destes a ação educativa e a educação CTSA não se relacionam. Os autores também consideram conhecer a matéria a ser ensinada como um aspecto determinante e que, na ausência dele, condiciona o professor, em muitos casos, a transmissão mecânica de conteúdo.

Além do domínio de conteúdo, a abordagem CTSA defende uma prática pedagógica com mobilização de habilidades e desenvolvimento de valores. A atividade ocorre por causa das experiências ativas, que auxiliam a reter informações e a relacioná-las a novas situações, articulando o estudo da ciência com o seu cotidiano (Lorenzetti, 2023). O professor deve ainda estimular a curiosidade em seus alunos e o interesse pela ótica científica, a fim de ampliar sua leitura do mundo. Segundo Freire (2019), o saber ingênuo deve ser respeitado e, aos poucos, superado pelo saber produzido através do exercício da curiosidade epistemológica. Para o autor é a rigorosidade metódica que caracteriza a curiosidade epistemológica do sujeito, posto que “quanto mais a curiosidade espontânea se intensifica, mas, sobretudo, se ‘rigoriza’, tanto mais epistemológica ela vai se tornando” (Freire, 2019, p. 85). Portanto, o ensino por investigação contribui para a formação escolar de um indivíduo consciente e crítico dos processos de desenvolvimento científico e tecnológico, inclusive por meio da AC, através de tarefas e atividades que ajudam a consolidar a abordagem CTSA no ensino de ciências (Cunha & Perlin, 2020).

1.2. Textos de divulgação científica da revista *Ciência Hoje* e suas potencialidades como recurso didático

No contexto do planejamento de aulas e avaliação da adequação de recursos didáticos, os TDC revelam potencialidades e resultados otimistas encontrados na literatura enquanto possibilidade de sua utilização em sala de aula como recurso didático

para melhorias no ensino de ciências. Nessa perspectiva, os TDC podem permitir que os alunos assumam posições, construam juízos de valor, estabeleçam relações, mobilizem seus conhecimentos para solucionar situações-problema numa perspectiva mais ampla, transpondo esses conhecimentos para a sua vida diária, além de ampliar o universo lexical do aluno, tornando-o mais crítico (Ferreira & Queiroz, 2012). Outra vantagem importante é o estímulo à leitura, à escrita e à argumentação por parte dos estudantes, características necessárias à interpretação do conteúdo do TDC, além dos textos trazerem aos alunos uma informação atualizada, que pode contribuir para a aquisição de conhecimento (Rocha, 2012). Nesse contexto, Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015, p. 4) confirmam que o TDC pode "proporcionar aos estudantes o convívio com informações atualizadas sobre ciência e tecnologia, além de promover o desenvolvimento de habilidades de leitura, espírito crítico e reflexivo".

Dentre os diferentes materiais de DC disponíveis, a revista *Ciência Hoje*, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), merece destaque devido ao seu prestígio junto a comunidade científica. Criada em 1982, a revista foi uma iniciativa de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento, para aproximar a produção dos cientistas da população em geral, mediante escritos de artigos de DC brasileira (Massarani & Moreira, 2002). A credibilidade e atualidade dos textos publicados pela revista tem chamado a atenção de pesquisadores da área de ensino das ciências naturais, como objeto de estudo na investigação da utilização desses TDC como recurso didático (Cantanhede, Alexandrino & Queiroz, 2015; Dias, Bento, Cantanhede & Cantanhede, 2017; Ferreira, 2012; Sousa, Cantanhede & Cantanhede, 2020).

Assim, entendemos que os TDC podem contribuir para o alcance da AC no ensino de química na educação básica, sendo o professor mediador na leitura e exploração textual. No contexto da escolha dos TDC como recurso didático, o processo de seleção e caracterização viabiliza a sua adequação e possibilidade em contribuir para a AC. Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015) propõem a utilização de um modelo que seleciona e categoriza o TDC quanto ao seu conteúdo e a sua forma, enquanto os aspectos estruturantes da alfabetização científica e tecnológica, propostos por Sasseron & Machado (2017), podem ser utilizados para verificar a adequação dos TDC aos três eixos estruturantes relacionados à compreensão de termos técnicos e científicos; a natureza da ciência e as relações CTSA presentes no texto. Tais eixos estruturantes da AC visam fornecer bases e subsídios no processo de elaboração e planejamento de aulas de ciências (Lopes & Garcia, 2019).

Aqui compreende-se que atividades planejadas e executadas para a AC devem ser problematizadoras, pois nesse processo, ao relacionar problemas da nossa realidade social ao conhecimento científico, ocorre uma reflexão crítica sobre o mundo e suas injustiças, ou seja, na perspectiva problematizadora aborda-se um tema científico numa análise crítico-reflexiva para que se perceba a necessidade de mudanças (Sasseron & Machado, 2017). Portanto, a ação pedagógica como um todo, que intencionalmente trabalha para alfabetizar cientificamente os estudantes, está voltada para a construção da cidadania e o desenvolvimento da consciência crítica e reflexiva (Chassot, 2018; Lopes & Garcia, 2019; Lorenzetti, 2023; Ricardo *et al*., 2004; Sasseron & Machado, 2017). Assim, a escola deve assegurar frente a juventude "o

protagonismo dos estudantes em sua aprendizagem e o desenvolvimento de suas capacidades de abstração, reflexão, interpretação, proposição e ação, essenciais à sua autonomia pessoal, profissional, intelectual e política" (Brasil, 2018, p. 465).

Nesse sentido, reconhecendo a necessidade de mudanças no ensino de ciências, especialmente um ensino para a AC, compreende-se que recursos didáticos como TDC, utilizados numa abordagem CTSA, podem aproximar os alunos da AC, proporcionando um ensino para além da transmissão de conteúdos estanques ou a memorização mecânica de informações descontextualizadas, sendo capaz de ensejar o debate crítico e reflexivo, o desenvolvimento da cidadania, a construção do pensamento científico e da responsabilidade social, importantes em nossa sociedade científica e tecnológica contemporânea (Carvalho & Gil-Perez, 2011; Nascimento & Mól, 2020).

2. Percurso metodológico

A aplicação da estratégia didática foi realizada na escola Estadual CE Engenheiro Roberto Cunha, localizada na zona rural da cidade de Peritoró-MA, fundada em 1950. A escola participante tem como público principal estudantes que moram em comunidades rurais e moradores do seu entorno. As atividades foram aplicadas pela professora de química, em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, composta de 34 estudantes, com faixa etária entre 15 e 16 anos, para a discussão do conteúdo 'os gases e suas transformações'. A seguir, apresentam-se os procedimentos de seleção dos TDC e respectivos instrumentos de análise, bem como a descrição da estratégia didática planejada e a técnica para análise dos dados.

2.1. Seleção do TDC e dos instrumentos de análise

Para a escolha do texto de divulgação científica, foi realizada uma consulta no portal da revista *Ciência Hoje*, com o objetivo de selecionar TDC que poderiam ser utilizados como apoio didático para a discussão do conteúdo 'os gases e suas transformações'. Como critério de busca e seleção dos TDC, foram utilizadas as palavras-chave aquecimento global e poluição atmosférica, considerando todas as edições publicadas, nos últimos 5 anos, na categoria artigos. Dos 17 TDC indicados pelo portal, 6 textos foram selecionados para análise a partir da leitura, considerando a discussão apresentada no texto e relacionando essa discussão com o conteúdo químico 'os gases e suas transformações'. A **Tabela 1** apresenta a relação dos artigos selecionados para análise, com sua respectiva data de publicação.

10.52712/issn.1850-0013-714

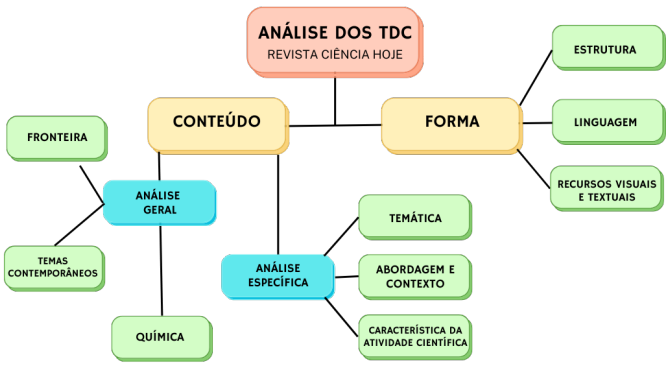
Tabela 1. Relação dos TDC da revista *Ciência Hoje*, selecionados para análise, com sua respectiva data de publicação

TDC	Data da publicação
Sequestro de carbono: o poder das soluções simples	junho, 2019
O Ártico na máquina do tempo	novembro, 2020
Pandemia climática	novembro, 2020
A água no sertão e as mudanças climáticas	dezembro, 2020
Ilhas de calor e espaços de conforto	junho, 2020
Quando toda a química será verde?	junho, 2020

Fonte: elaboração própria.

Para a seleção do texto de divulgação científica, foi utilizado o esquema de seleção e caracterização de TDC proposto por Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015) e os eixos estruturantes da AC, propostos por Sasseron e Machado (2017), foram utilizados como marcadores da AC presentes no TDC. A **Figura 1** apresenta o esquema de seleção e caracterização de TDC.

Figura 1. Esquema de seleção e caracterização de TDC a partir do referencial metodológico proposto por Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015)



Fonte: elaboração própria.

Os seis textos selecionados foram analisados a partir do referencial de análise, considerando a sua forma geral e específica. A análise geral se dividiu em três subcategorias, a saber: conteúdo de química, fronteiras e temas contemporâneos. Já a análise específica foi categorizada em três temas específicos, quais sejam: temática; características da atividade científica; abordagens e contexto. Quanto à forma do TDC, discriminaram-se três subcategorias: estrutura, linguagem e recursos visuais e textuais.ara el presente estudio, se implementó un diseño longitudinal exploratorio (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

Para a AC, buscamos investigar no TDC os aspectos relacionados aos seus três eixos estruturantes, viabilizando assim uma abordagem didática com enfoque CTSA, a saber: a presença de termos técnicos e científicos; aspectos relacionados à compreensão da natureza da ciência e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Embora não sejam indicados como parâmetros rígidos para planejamento, os eixos estruturantes da AC podem ser usados por professores como diretrizes para o desenvolvimento das aulas (Sasseron & Machado, 2017).

Quanto à presença de termos técnicos e científicos, buscamos observar a presença daqueles relacionados a área de química nos TDC. Para a identificação de aspectos relacionados à natureza da ciência, buscamos identificar a presença de elementos que caracterizam a atividade científica como experimentos, teorias e até mesmo elementos que têm influência sobre a ciência e a produção científica. Quanto às relações CTSA presentes no TDC, buscamos identificar uma problemática sobre ciência e tecnologia, que, de algum modo, esteja associada a sociedade e ao meio ambiente.

Após análise e seleção do TDC, foi elaborada uma estratégia didática para gerar discussões a respeito da temática "Poluição atmosférica e aquecimento global", a partir da utilização de um TDC como recurso didático, com uma abordagem CTSA para a AC dos estudantes, considerando o conteúdo químico 'os gases e suas transformações'.

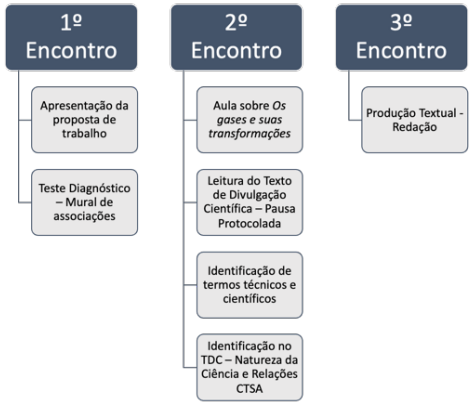
2.2. Da elaboração e aplicação da estratégia didática

A estratégia didática foi estruturada no formato de um estudo dirigido. Inicialmente, foi elaborado um plano de aula e um roteiro de aplicação, considerando tanto as discussões que os TDC podem gerar durante o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo, 'os gases e suas transformações', quanto aspectos inerentes às orientações CTSA que podem contribuir para a AC dos estudantes. Assim, para a elaboração da estratégia didática, foram considerados os objetivos de ensino de ciências da educação CTSA para a temática poluição ambiental e aquecimento global, presente na unidade 02 (poluição atmosférica), do livro didático *Química Cidadã*, *volume 1* (Mol & Santos, 2013), além das habilidades previstas para o conteúdo 'os gases e suas transformações' segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e as aprendizagens essenciais associadas (Brasil, 2018).

A partir dessas considerações, a estratégia didática foi planejada e aplicada em três encontros de 1 hora/aula cada. A **Figura 2** apresenta o fluxograma das etapas desenvolvidas durante a estratégia didática.

10.52712/issn.1850-0013-714

Figura 2. Esquema de atividades realizadas durante a aplicação da estratégia didática

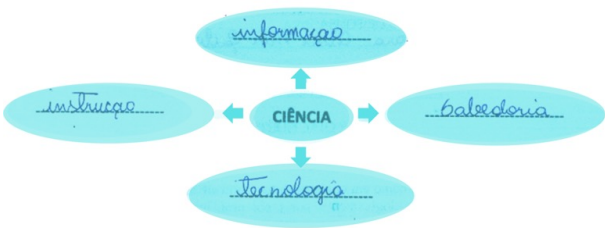


Fonte: elaboração própria.

No 1º encontro, com duração de cerca de 30 minutos, foi apresentada aos estudantes a proposta da atividade envolvendo a utilização de TDC como recurso didático, para a discussão do conteúdo 'os gases e suas transformações'. O objetivo foi mostrar as características e a forma de organização da estratégia didática, além de indicar as etapas necessárias para a aplicação do TDC como recurso didático. Em seguida, foi aplicado um teste diagnóstico para identificar as percepções prévias dos estudantes sobre ciência e tecnologia, importante ponto de partida no processo de AC. Assim, foi proposto para os estudantes a construção de um mural de associações, onde o aluno aplica um conceito com significado relacionado à palavra dada (Krasilchik, 2008; Oliveira *et al.*, 2023). A **Figura 3** apresenta o mural de associações que foi preenchido pelos estudantes.

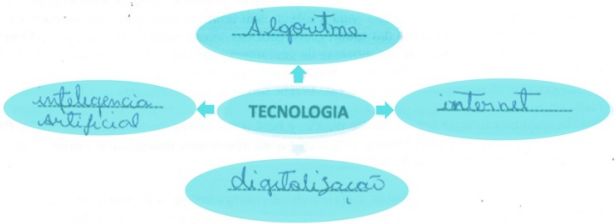
Figura 3. Mural de associações sobre ciência (a) e tecnologia (b), preenchido pelos estudantes

(a)



10.52712/issn.1850-0013-714

(b)



Fonte: elaboração própria.

Cada estudante recebeu duas molduras de associações, impressas em uma folha de papel A4. Uma contendo no núcleo lógico a palavra “tecnologia” e na outra o núcleo lógico com a palavra “ciência”, além de uma questão discursiva (O que você entende por ciência e tecnologia?). Optamos por abordar a ciência de forma separada da Tecnologia, para que os estudantes compreendam as relações ciência-tecnologia a partir de suas particularidades, possibilitando um melhor entendimento do papel das teorias científicas e das implicações tecnológicas como um conjunto de argumentos e procedimentos que dão conta de uma melhor leitura do mundo. Em seguida, foram orientados a escrever em cada espaço um único termo que apresentasse, segundo a concepção de cada estudante, uma relação direta com cada núcleo lógico. O tempo utilizado tanto para a apresentação da Moldura de associações, quanto para o seu preenchimento, foi de 20 minutos.

No 2º encontro, o conteúdo ‘os gases e suas transformações’ foi apresentado aos estudantes a partir de uma metodologia cuja aprendizagem ocorre, inicialmente, fazendo uso de uma contextualização histórica e social do assunto. Para esse momento, com duração de 20 minutos, utilizamos a abordagem indicada no livro didático:

> “Redimensionamos o conteúdo de gases para um tratamento mais fenomenológico e qualitativo, do que o convencional estudo de resoluções de problemas com aplicação direta da equação geral dos gases (...) em que se prioriza a introdução dos conteúdos com contextualização social e histórica e com atividades práticas” (Mol & Santos, 2013, p. 306).

Após a exposição, foi realizada a leitura do TDC selecionado, para identificação e análise dos aspectos relacionados aos eixos estruturantes da AC, como por exemplo, a seleção de termos técnicos e científicos. Para tanto, os alunos foram orientados a destacar palavras e termos técnicos e científicos presentes no texto, com a finalidade da construção de um universo vocabular sobre o tema. Para a leitura do TDC, com duração de 10 minutos, foi utilizado o método da pausa protocolada. A pausa protocolada possibilita a reflexão de pontos em intervalos significativos, que são destacados pelo professor para promover a compreensão do texto. Portanto, é

uma estratégia de leitura na qual o texto é dividido em partes e, a cada parte lida, o professor faz perguntas para avaliar a compreensão do que foi lido, estimulando os alunos a fazerem inferências sobre esse texto (Bulhões, 2020). Na pausa protocolada, o texto é interrompido estrategicamente por perguntas que despertam a curiosidade e encorajam a reflexão e o debate no processo de interpretação textual. Em seguida, foi proposto um debate, com duração de 20 minutos, sobre a problemática ambiental para identificação dos elementos referente à natureza da ciência e as relações CTSA presentes no TDC.

No 3º encontro, os alunos participaram de uma produção textual no formato dissertativo para comunicação do aprendizado com utilização e apropriação dos conceitos apreendidos. Nesse encontro, com duração de 25 minutos, a professora revisou a temática ambiental, debateu sobre aquecimento global e crise climática, e explorou conceitos de ciência e tecnologia relacionados a essas temáticas. Aspectos relacionados à superação e minimização dos efeitos causados pelo aquecimento global foram abordados levando em consideração as discussões presentes no TDC já trabalhado em sala de aula com os estudantes. Nessa perspectiva, discussões envolvendo a redução de impactos ambientais e de consumo de recursos naturais, assim como a importância da reutilização de todos os tipos de materiais, também foram abordados durante esse momento. Após o debate de conceitos e ideias foi solicitada a escrita de uma redação final sobre ciência e tecnologia (25 minutos).

2.3. Análise dos dados

A partir dos termos indicados pelos alunos no mural de associações, foi gerada uma nuvem de palavras pelo Word Art com o objetivo de verificar os termos que apresentaram maior frequência. A nuvem de palavras, corresponde a uma representação gráfica baseada nas ocorrências de palavras do *corpus*, de modo que cada uma delas é evidenciada proporcionalmente a sua frequência no texto (Camargo & Justo, 2013).

A produção dos alunos (redação final) foi analisada com o auxílio da ferramenta para análise textual IRAMuTeQ (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires). Uma ferramenta de processamento de dados que contempla aspectos quantitativos e qualitativos na análise textual, competindo ao pesquisador analisar os dados coletados, por conseguinte o *software* (Camargo & Justo, 2018).

As redações finais foram submetidas à análise textual pelo *software*, considerando a análise de similitude, que faz uma representação gráfica baseada nas ocorrências de palavras sobre os segmentos do texto, permitindo a visualização das mais variadas relações entre elas e a análise fatorial por correspondência (AFC), que reduz a menos fatores tanto as partições de um texto quanto às formas linguísticas que aparecem se relacionando nesse corpo textual, fazendo assim, em um plano fatorial de duas dimensões, a representação gráfica baseada nas relações (Camargo & Justo, 2013; Marchand & Ratinaud, 2012).

O uso dessa ferramenta nesta etapa da pesquisa se justifica devido a gama de possibilidades que ela oferece ao unir análise quantitativa e qualitativa, dialogando

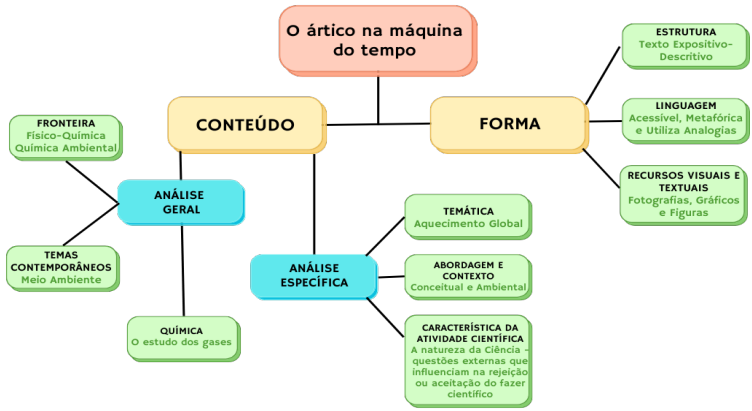
com a abordagem que empregamos, além de já terem muito contribuído em estudos que envolvem análises textuais em diversos campos de pesquisa (Camargo & Justo, 2013). A ferramenta auxilia nas inferências sobre os dados coletados de modo qualitativo e sistemático nesta pesquisa, sendo utilizada para avaliar se os objetivos da ACT foram alcançados na estratégia didática adotada.

3. Resultados

3.1. Da seleção e categorização do TDC para sua adequação ao conteúdo "O estudo dos gases e suas transformações"

Dos seis TDC da revista *Ciência Hoje* que foram selecionados, o texto "O Ártico na máquina do tempo" atendeu de forma mais abrangente aos critérios de seleção e caracterização estabelecidos pelos instrumentos de análise empregados, tanto ao modelo de seleção e caracterização proposto por Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015), quanto aos critérios de AC estabelecidos por Sasseron & Machado (2017). A **Figura 4** apresenta o fluxograma do processo de análise do TDC, "O Ártico na máquina do tempo", a partir de sua forma geral e específica, segundo o modelo de seleção e caracterização proposto por Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015).

Figura 4. Análise do TDC "O Ártico na máquina do tempo" a partir do referencial metodológico de Cantanhede, Alexandrino & Queiroz (2015)



Fonte: elaboração própria.

No que diz respeito ao conteúdo, foi identificado o conteúdo de química 'o estudo dos gases', na área de físico-química, que faz fronteira com a física e com a química ambiental. O conteúdo selecionado apresentou como tema contemporâneo o meio ambiente.

Nos livros didáticos de química, o conteúdo 'o estudo sobre os gases' é trabalhado relacionando as propriedades dos gases com as grandezas do estado gasoso e a

lei dos gases. No livro didático de química - 1º ano do ensino médio, da coleção Química Cidadã (Mol & Santos, 2013), o estudo dos gases foi apresentado em sala de aula de forma contextualizada com questões ambientais como a poluição atmosférica e o aquecimento global. A adequação do TDC com o conteúdo de química residiu, portanto, na abordagem que o artigo faz sobre os gases do efeito estufa, o ciclo do carbono e a poluição atmosférica, correlacionado também a fronteira química ambiental ao tema contemporâneo meio ambiente. Além disso, a análise específica mostrou a presença da temática aquecimento global, como mostra o seguinte trecho retirado do TDC:

> "Importante lembrar que o aumento de concentração desse gás, por sua menor abundância, produz efeitos bem maiores, traduzidos no chamado potencial de aquecimento global, que, no caso do metano, é 34 vezes o do CO, considerando os efeitos no ciclo do carbono na escala de 100 anos" (Costa, 2020, p. 6).

Uma característica importante da atividade científica presente no texto foi revelada através da ênfase ao aspecto da natureza da ciência, mostrando um sentido do fazer científico relacionado com questões externas, ou seja, a força que os fatores políticos e sociais podem ter no fazer científico e tecnológico. Compreende-se que a natureza da ciência "pode abranger desde questões internas, tais como método científico e relação entre experimento e teoria, até outras externas, como a influência de elementos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição de ideias científicas" (Moura, 2014, p. 32).

Como exposto no seguinte excerto do TDC utilizado como recurso didático:

> "De forma trágica, mais combustíveis fósseis transportados através do Ártico favorecem justamente, através de sua queima, o degelo do Ártico e, seguindo o raciocínio do empresário, entraríamos em uma espécie de feedback ou retroalimentação. (...) O Ob River como exemplo do que poderíamos chamar de retroalimentação dos navios evidentemente um problema, pois a navegação sempre produziu desequilíbrios ambientais em ecossistemas, incluindo introdução de espécies invasoras, poluição química e sonora. Mas é certamente algo bem pequeno se comparado aos inúmeros processos não-lineares associados ao clima do Ártico" (Costa, 2020, p. 5).

Em abordagens e contexto, duas perspectivas apontaram a forma pela qual o texto se encontra contextualizado. Identificou-se uma abordagem conceitual e em contexto ambiental. Em ambas as perspectivas os efeitos climáticos ou poluição ambiental, isto é, questões conceituais, estão associadas ao ambiente (Cantanhede, Alexandrino & Queiroz, 2015).

Na análise quanto à forma, notou-se uma estrutura expositivo-descritiva do texto, que apresenta linguagem acessível e, ao mesmo tempo, metafórica. Em relação à linguagem destacamos as seguintes analogias:

> “Um canário engaiolado costumava ser levado por mineiros para servir de aviso sobre a presença de gases tóxicos (como monóxido de carbono) em minas de carvão. Mais vulnerável do que os seres humanos, o canário morria antes que o ambiente se tornasse tóxico para eles. (...) O oceano Ártico tem sido um verdadeiro canário na mina do aquecimento global, e ele está agonizando” (Costa, 2020, p. 2).

> “Acontece que, como toda geladeira, ao ser descongelada, o derretimento do permafrost está expondo a matéria orgânica nele contida à decomposição e, portanto, à produção, cada vez em maior escala, de gases de efeito estufa, incluindo não apenas o CO, mas sobretudo o metano” (Costa, 2020, p. 6).

> “De todo modo, o clima do planeta, com o Ártico à frente, parece ter entrado em uma máquina do tempo, empurrado cada vez mais pelas emissões humanas. Uma máquina do tempo, aliás, bem mais potente que o DeLorean do Doc Brown em De volta para o futuro e que é influenciada pelo efeito combinado da intervenção humana na atmosfera com as retroalimentações do próprio sistema climático (ou, nesse caso, retro-alimentares)” (Costa, 2020, p. 2).

Em relação aos recursos visuais, encontramos variadas imagens que auxiliaram na interpretação textual e despertaram o interesse dos alunos, convertendo-o em um texto rico visualmente rico, como gráficos e fotografias. Dessa forma, as imagens que aparecem no texto auxiliam no entendimento do TDC, uma vez que possibilitam visualizar as mudanças que o ambiente sofre, já que a área de cobertura de gelo marinho no Ártico é registrada por satélite e pode ser demarcada a sua redução em mais de 40%, ilustrando assim o que acontece de fato nesse contexto. Os gráficos são outra forma de divulgação de resultados, nos quais os dados quantitativos da concentração em partes por milhão da emissão de dióxido de carbono são mostrados em picos de crescimento e decrescimento, numa variação em função de um intervalo de 800.000 anos. Imagens da vegetação e do ecossistema local auxiliam o aluno a se aprofundar na problemática que o texto apresenta. Portanto, o conjunto das informações descritas, articuladas às imagens e gráficos, viabiliza a análise mais ampliada do conteúdo, favorecendo a construção de um olhar mais complexo, crítico e real sobre o contexto em estudo (Sousa *et al.*, 2020).

Essa etapa de análise e caracterização do texto possibilitou um detalhamento de um conjunto de informações muito essenciais para o planejamento da estratégia didático-teórica experimental, do tipo estudo dirigido, que fez uso do TDC como recurso didático. Esse detalhamento é fundamental para conhecimento do recurso e verificação de sua adequação aos objetivos propostos para a referida atividade, com exercício oral e escrito, pensada para o estudo dos gases, incluindo a problematização sobre questões ambientais.

3.2. Dos aspectos da alfabetização científica presentes no texto de divulgação científica

Na verificação dos termos técnicos e científicos presentes no texto, primeiro componente dos eixos estruturantes da alfabetização científica e tecnológica analisados no TDC, identificou-se as seguintes palavras em destaque: *efeito estufa, antrópico, ecossistema global, matéria orgânica, máximo térmico, paleoclimatologia, pergelissolo, pleistoceno, amplitude térmica, fenômeno, sistemas meteorológicos (meteorologia), retroalimentação climática, satélite, espécies, exílio, pandêmico*.

A aprendizagem desse vocabulário presente no TDC é importante, pois a alfabetização científica e tecnológica pauta a linguagem e a comunicação como importantes ferramentas no processo de ensino e aprendizagem, dada a necessidade e possibilidade de conhecimento do mundo (Ricardo *et al.*, 2004), mediado pela língua e pela cultura. Identificou-se também que os elementos relacionados à construção e organização da ciência, isto é, a natureza da ciência, são encontrados no texto através de uma leitura crítica sobre o ecossistema global e os resultados da participação política e social no respeito e conscientização sobre o uso de recursos ambientais e humanos. É a problematização do desenvolvimento científico e tecnológico, evidenciando como impactos sociais e ambientais são provocados e podem ser pensados e/ou redimensionados, senão vejamos:

> "E não custa lembrar que não é a minoria de bilionários que, desdenhando do futuro da Terra, sonha com a colonização/terraformação de outros mundos. São as maiorias sociais vulnerabilizadas, as gerações de crianças e jovens do presente e do futuro e, por que não dizer, a biosfera em seu conjunto, irremediavelmente presas ao retorno no tempo marcado no relógio desse DeLorean insano, que, sem sair do lugar, podem estar sendo enviadas para outro planeta" (Costa, 2020, p. 7).

Aqui faz-se referência às questões externas que afetam o desenvolvimento científico e tecnológico, uma vez que o debate produz impacto, impulso e crescimento da consciência pública, culminando em medidas importantes, a exemplo do movimento ambientalista, inspiradas pelos conhecimentos sintetizados para o entendimento tanto de cientistas como da população em geral (Carson, 2010).

A leitura proveitosa precisa ser crítica, isso exige reflexão, ponderamento e exame, "[...] consiste em emitir juízo de valor, percebendo no texto o bom e o verdadeiro, da mesma forma que o fraco, o medíocre ou o falso" (Marconi & Lakatos, 2003, p. 20). Assim, a problematização, como etapa da leitura do texto de divulgação científica, se faz igualmente importante na AC, pois problematizar "[...] consiste em abordar questões reconhecidamente conflitantes da vida e do meio do estudante; investigar para entender melhor a situação e desencadear uma análise crítica e reflexiva para que ele perceba a necessidade de mudanças" (Sasseron & Machado, 2017, p. 27).

É nesse sentido que a problematização na leitura compartilhada do TDC com os alunos pode auxiliar no debate de questões reais que os estudantes podem

associar ao texto, colocando opiniões pessoais também baseados em outras fontes e evidências (Sousa, Cantanhede, Cantanhede & Sousa, 2022). Através do TDC notou-se a potencialidade do professor lançar mão da abordagem CTSA, tendo em vista que o recurso didático explora suas relações de forma contextualizada e crítica. Verificou-se no texto um conteúdo de química que faz referência à história, sua aplicação, aspectos políticos, econômicos e sociais, possibilitando a promoção de uma leitura crítica e problematizadora do conteúdo 'os gases e suas transformações'. Problematizar, neste contexto, implica em ressignificar o conhecimento científico, fazendo seu uso consciente e social no mundo e, nesta medida, construindo saber ampliado e profundo sobre o próprio mundo, o que assegura a AC (Cunha & Perlin, 2020; Sasseron & Machado, 2017).

No que se refere a ciências naturais e suas tecnologias, a BNCC estabelece como competências específicas para o ensino médio, analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos; investigar situações-problema; bem como avaliar aplicações do conhecimento científico, tecnológico e suas implicações no mundo. Entende-se a partir dessa observação, que o TDC atende aos propósitos da BNCC, se utilizado como recurso didático, pois desenvolve as seguintes habilidades e competências: interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclo; promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida; além de promover o desenvolvimento da habilidade de interpretar TDC que tratem de temáticas das ciências da natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (Brasil, 2018).

3.3. Da aplicação da estratégia didática

Buscou-se na estratégia didática do tipo estudo dirigido uma atividade teórico-experimental que o professor pudesse fazer uso do TDC, com ênfase nos eixos da AC, identificados previamente, para a exploração textual e discussões com exercício oral e escrito, contemplando o estudo dos gases e incluindo a problematização sobre as questões ambientais.

A partir da estratégia didática aplicada, obteve-se os seguintes resultados da produção de 34 estudantes participantes: 29 murais de associações; 18 redações; 29 respostas discursivas a questionários e seis vocabulários de termos técnicos e científicos construídos por seis grupos. Devido a eventuais faltas dos discentes, a variação no número de alunos determinou a alteração na quantidade de respostas obtidas por tarefa aplicada.

Considerando a análise específica para os murais de associações, cada aluno produziu um mural, totalizando 223 termos associados aos conceitos de ciência e tecnologia. A partir dos temos identificados nos murais de associações feitos pelos estudantes, foram geradas nuvens de palavras com o objetivo de verificar os termos de maior ocorrência para cada conceito (ciência e tecnologia). A **Figura 5** apresenta as nuvens de palavras geradas tanto para o mural de associações do conceito de ciência (a), quanto para o mural de associações para o conceito de tecnologia (b).

Figura 5. Nuvem de palavras gerada a partir dos murais de associações produzidos pelos estudantes para o conceito "tecnologia" (a) e o conceito "ciência" (b)

(a) **(b)**



Fonte: elaboração própria.

Nessa análise, as palavras que aparecem em maior evidência foram citadas pelos alunos com maior frequência. Com relação ao conceito "tecnologia" as palavras mais frequentemente citadas foram: Internet, avanço, digitalização, eletrônicos, celular, fatos, inovação, energia, moderno, algoritmo, criar e estudo. Os termos centrais apresentados nas nuvens de palavras permitiram identificar a percepção dos alunos sobre a ciência e tecnologia e como essas percepções se relacionam com suas experiências pessoais e com o acesso a bens materiais e culturais de disseminação da ciência e da tecnologia no mundo, o que se pode depreender das associações feitas para o termo "tecnologia" percebido através de produtos mais conhecidos e utilizados por eles, como a Internet, o celular e os eletrônicos em geral, e traduzidas pelas palavras avanço e inovação.

Quanto aos termos associados à ciência destacaram-se: natureza, estudo, humano, conhecimento, sabedoria, animais, fatos, ciência, tecnologia e leis. Aqui, a natureza é percebida pelos estudantes como muito próxima da ciência. E a ciência é percebida como algo que se produz com estudo. Essa aproximação apontada pelos estudantes demonstra a ligação entre ciência, natureza, estudos e conhecimento, no seu entendimento acerca da temática. As palavras estudo e fatos aparecem relacionadas tanto à ciência quanto à tecnologia. Essas são as únicas palavras em evidência que apareceram nos murais de associações simultaneamente. Embora em maior ou menor evidência, ambos os termos centrais são apontados pelos estudantes como elementos que possuem o estudo como base e que trabalham com fatos, essas associações revelam a relação intrínseca entre saber científico e construção do conhecimento para compreensão e transformação do mundo (e da sua natureza) (Lima & Silva, 2022).

Após aplicação do teste diagnóstico realizou-se a leitura do TDC "O Ártico na máquina do tempo" que possibilitou a produção de um vocabulário de termos técnicos e científicos, construídos em grupo, a partir da leitura com pausa protocolada e de debate temático. A **Figura 6** apresenta a nuvem de palavras gerada pelos termos técnicos e científicos selecionados pelos alunos.

10.52712/issn.1850-0013-714

Figura 6. Nuvens de palavras geradas a partir dos termos técnicos e científicos identificados pelos alunos no TDC, "O Ártico na máquina do tempo"



Fonte: elaboração própria.

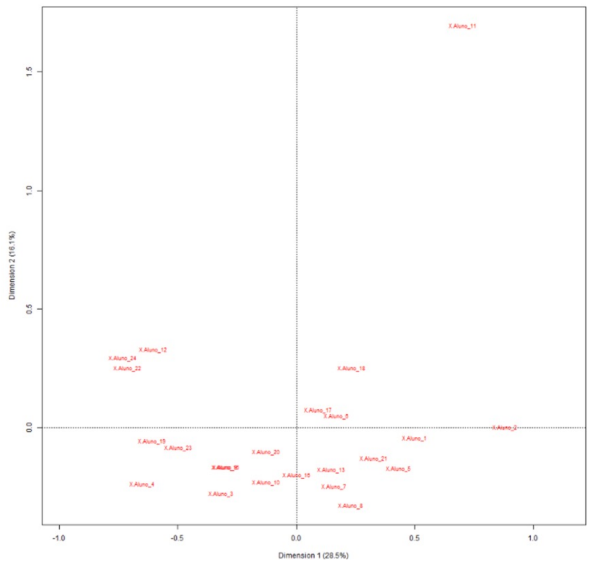
A nuvem de palavras mostrou a presença dos termos "Radiação", "Efeito Estufa", "Impacto", "Gás", "Ártico", "Cenozoica", "Criosfera", "Paleoceno", "Atmosfera", "Petróleo" e "Aquecimento Global". Os termos foram empregados pelos estudantes no debate temático, demonstrando sua compreensão no uso da linguagem durante o processo, permitindo entender ou construir uma explicação: a argumentação (Sasseron & Machado, 2017). A expressão de argumentos sobre o aquecimento global se apresentou como importante quesito da AC dos estudantes.

Após a identificação dos termos técnicos e científicos presentes no TDC, ocorreu um debate e os alunos produziram um texto dissertativo sobre ciência e tecnologia. Os textos produzidos foram submetidos à análise textual pelo *software* Iramuteq, a partir da AFC e análise de similitude.

A relação encontrada entre as produções textuais dos estudantes foi mostrada na AFC, representada graficamente no plano cartesiano que faz o cruzamento entre o vocabulário (considerando a frequência de incidência de palavras) e as classes, mostrando as oposições entre as formas (Nascimento & Menandro, 2006). A **Figura 7** apresenta a AFC dos textos produzidos pelos alunos.

10.52712/issn.1850-0013-714

Figura 7. Análise fatorial por correspondência (AFC) dos textos produzidos pelos alunos



Fonte: elaboração própria.

O *corpus* textual submetido a AFC mostrou a distribuição da variável aluno, que representa as produções textuais de cada estudante. Nessa análise, podemos verificar a proximidade dos vocabulários empregados nessas produções que são expressos graficamente no plano cartesiano. Os indivíduos que aparecem mais próximos ou mais distantes no plano demonstram a relação existente entre esses vocabulários, ou seja, os indivíduos que possuem o mesmo perfil vocabular devem estar próximos no plano (Six, 2019). Assim, para o *corpus* analisado, verifica-se que a grande maioria dos textos apresentam proximidade entre os vocabulários utilizados pelos estudantes, pois o conjunto da variável aluno, converge para o centro do plano cartesiano. Os demais artigos também aparecem centralizados, indicando um conteúdo que utiliza vocabulários parecidos, também apontando que o conteúdo de um artigo se encontra presente nos demais artigos, reforçando que os indivíduos têm o mesmo perfil de vocabulário (Mendes, Proença & Pereira, 2022).

Alguns textos apresentaram distanciamento do centro do plano cartesiano, como por exemplo os artigos produzidos pelos alunos X.Aluno_12, X.Aluno_24 e X.Aluno_22, que apesar desse distanciamento, apresentam proximidade entre si. Logo, na produção textual desses estudantes os termos técnicos e científicos empregados estão muito próximos. Os trechos a seguir confirmam essa afirmativa.

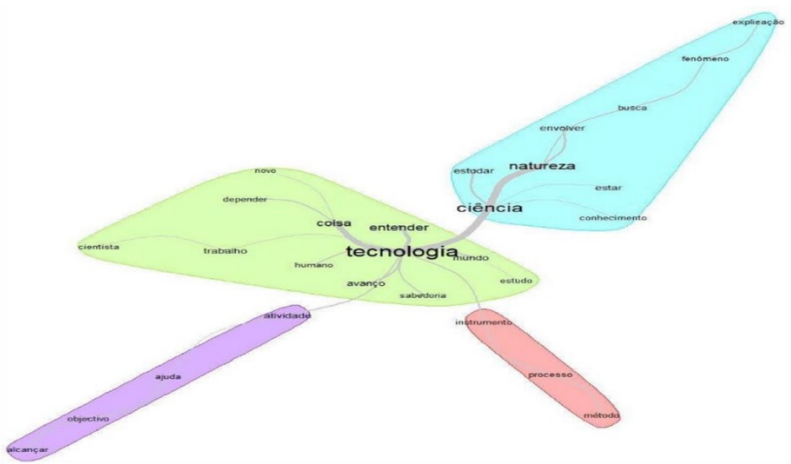
> Aluno 12: “Ciência é algo que simplesmente existe através de pesquisas e estudos como doenças, epidemias, remédios, etc.”.

> Aluno 22: “A ciência é um componente que causa uma ajuda em descobertas científicas com o descobrimento das doenças e de curas, o conhecimento científico, como o estudo da natureza e dos elementos, mas com o estudo do universo, da matéria que a ciência e estuda são reais e são usados para combater a epidemia e pandemia, com seus estudos descobrimos que tipo de doença, como a descoberta do aquecimento global no mundo”.
>
> Aluno 24: “A ciência tem estudos, pesquisas, materiais e provas de acontecimentos científicos reais, exemplo de ciência são as vacinas, que a partir de pesquisas e experimentos podem ajudar a combater vírus, doenças e epidemia. Pois a ciência se avança cada dia mais, assim, trazendo benefícios, mas também alguns malefícios para quem não sabe usá-la corretamente podendo criar armas fatais, mas a meta é melhorar cada dia”.

Os três artigos têm em comum um conteúdo que descreve a ciência associada a estudos e descobertas que favorecem a vida humana. Além disso, a presença de algumas palavras utilizadas nos três discursos como epidemia, estudo e doença reforçam o alinhamento, indicando quais palavras são comuns nos discursos dos indivíduos (Mendes, Proença & Pereira, 2022).

A produção textual dos estudantes foi analisada pelo Iramuteq a partir da análise de similitude. A análise de similitude organiza a distribuição do vocabulário de forma facilmente compreensível e visualmente clara (Camargo & Justo, 2013). As comunidades apresentaram conexões na perspectiva do campo semântico, centralizado através da percepção da turma do conceito ciência associado a natureza; e tecnologia ligada aos termos avanço e inovação. A **Figura 8** apresenta a análise de similitude gerada a partir do corpus textual analisado.

Figura 8. Análise de similitude gerada pelo Iramuteq a partir do *corpus* textual analisado



Fonte: elaboração própria.

A análise de similitude apresentou quatro comunidades que representam agrupamentos ou halos em função das palavras com maior relação, como frequência e co-ocorrência, ou seja, a repetição de uma palavra e o número de ligações entre uma palavra e outra (Mendes, Proença & Pereira, 2022). As áreas destacadas em diferentes cores evidenciam os termos que apareceram associados com maior frequência no texto dos alunos e o tamanho da fonte é proporcional à frequência desses termos.

Os termos que representaram as duas comunidades principais são tecnologia, ciência e natureza. A comunidade tecnologia apresenta pouca ligação (proximidade) com as comunidades periféricas, representadas pelas palavras atividade e instrumento. Por outro lado, essa comunidade possui relevante ligação com a palavra ciência que, por sua vez, tem forte relação com a natureza, indicando a articulação entre os processos tecnológicos e científicos com a natureza. Nessa análise, identificou-se que o núcleo central tecnologia revela a percepção que os alunos desenvolveram durante as aulas. Uma vez identificadas que as palavras ciência, natureza e, no núcleo central, a palavra tecnologia, são o tronco delineador da percepção dos alunos sobre ciência e tecnologia, os eixos deram estrutura às respostas. Na área periférica do eixo natureza-ciência, as palavras: explicação, fenômeno, busca e envolver se encontram ligadas a natureza em uma única ramificação estreita; as palavras estar, estudar e conhecimento aparecem imediatamente ligadas a ciência e, várias palavras, de outras ramificações geradas pela análise, aparecem ligadas ao eixo do núcleo central tecnologia.

Essa é uma forma de alinhamento lexical que ocorre entre as palavras natureza, ciência, tecnologia e coisa e possibilita a inferência semântica do tipo: entender a tecnologia e a ciência que estuda a natureza. A palavra coisa aparece com forte ligação na comunidade tecnologia, isso representa um vocabulário que não possui ainda as palavras para definir ou denominar as formas que os estudantes percebem. Ressalta-se ainda que a comunidade instrumento é composta pelas palavras processo e método, indicando que a tecnologia não se resume a instrumentos tecnológicos, mas abrange processos produtivos, processos de criação, sistemáticos e metódicos, corroborado pelo fato de que os conhecimentos tecnológicos lidam com situações específicas na/da realidade.

Considerando que o objetivo do trabalho tecnológico é produzir e melhorar artefatos, sistemas e processos, a fim de satisfazer necessidades e desejos humanos (Gil-Pérez *et al.*, 2020), a forma de alinhamento lexical das comunidades instrumento e atividade possibilita a inferência de que os estudantes não associam a tecnologia a processos produtivos, processos de criação, sistemáticos e metódicos, assim como não entendem tecnologia como uma atividade humana de suporte para a sociedade de longo alcance, tendo em vista a força de ligação desses agrupamentos serem irrelevantes e não estarem muito evidenciados como se apresenta no alinhamento entre as palavras “natureza”, “ciência”, “tecnologia” e “coisa”. Em relação a abordagem CTSA o TDC “O Ártico na máquina do tempo” também possibilitou aos alunos a percepções descentralizadas de ciência como experimentação, métodos ou teorias a partir do fomento ao debate social das consequências também negativas que a ciência e a tecnologia podem trazer para a sociedade, o ambiente, evidenciando o encontro com a abordagem CTSA.

Assim, ressalta-se a importância de promover encontros pedagógicos em novos moldes e abordagens educacionais que possibilitam a AC; incentivam a capacidade dos estudantes de solucionar problemas mediante os saberes próprios das ciências e do método científico; bem como ampliam o entendimento de TDC para reflexão e atuação dentro da sociedade, contribuindo para a transformação social almejada. A capacidade de [...] modificar este mundo e a si mesmo por meio da prática consciente propiciada pela sua interação com saberes e procedimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (Sasseron & Machado, 2017, p. 13), é construída, portanto, a partir de experiências educativas que articulem o saber e o saber fazer, ou seja, os conhecimentos científicos e os procedimentos que os garantem.

Considerações finais

Os caminhos percorridos orientaram a escolha do TDC "O Ártico na Máquina do Tempo" como recurso didático eficaz para favorecer a aprendizagem conforme a atividade planejada. A leitura do TDC mostrou-se eficiente no desenvolvimento do vocabulário técnico e científico, permitindo a ampliação do vocabulário dos estudantes. Isso foi alcançado por meio da verificação desses termos no contexto ambiental e sua aplicação na construção de ideias, interpretação de fenômenos e elaboração de produções textuais. No ensino de química, o planejamento encontra nos TDC uma oportunidade para promover discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, integradas aos conteúdos curriculares, além de fortalecer a compreensão dos estudantes acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico.

No entanto, existem algumas limitações quanto ao uso dos TDC no ensino de química que podem ser discutidas sob diversas perspectivas. Dentre algumas podemos destacar as dificuldades de adequação dos conteúdos desses textos ao nível de conhecimento prévio dos estudantes, uma vez que tais textos são desenvolvidos para um público generalizado e podem não contemplar a profundidade necessária ou apresentarem conceitos complexos demais para alunos de nível médio, por exemplo. Isso pode prejudicar a capacidade de compreensão, particularmente se os estudantes não possuírem uma base sólida nos temas científicos discutidos. Sendo assim, destacamos a relevância de uma seleção cuidadosa dos TDC, como também de uma intervenção ativa por parte dos professores, para assegurar que a utilização desses textos possa contribuir de modo efetivo nas discussões envolvendo conteúdos químicos.

Nessa perspectiva, estratégias didáticas bem elaboradas, com o uso de TDC, podem ajudar na superação de limitações e contribuir com a qualidade do processo formativo dos professores a partir de sua ação pedagógica. Neste sentido, abordagens interdisciplinares, capazes de conectar a química com as outras áreas do conhecimento, como por exemplo a biologia, a tecnologia e as questões sociais e ambientais, podem auxiliar o professor durante o seu processo formativo, ampliando os impactos que os TDC podem proporcionar no aprendizado dos estudantes a partir de sua utilização como recurso didático.

Financiamento

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA. BIC-01225/20 “Contribuição dos Textos de Divulgação Científica utilizados em oficinas de ensino para a Alfabetização Científica no ensino de Química”. Pesquisadora Responsável: Diana de Sousa Araújo. Ao Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Maranhão (GPEQUIMA), ao IFMA/Campus Codó e a UFMA/Campus Codó.

Referências bibliográficas

Bock, A. M. B., Furtado, O. & Teixeira, M. L. T. (1999). Psicologias: uma introdução ao estudo de psicologia. São Paulo: Saraiva.

Bosi, A. C. C. M. & Brasão, H. J. P. (2020). A pedagogia tradicionalista em contraste à pedagogia progressista crítico-social nos atuais. Cadernos da Fucamp, 19(37), 36-44.

Brasil. (2018). Base Nacional Comum Curricular. Brasilia: Ministério da Educação.

Bulhões, D. B. (2020). O uso de chatbot aplicado a técnica de leitura protocolada [Dissertação]. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Camargo, B. V. & Justo, A. M. (2018). Tutorial para uso do software IRAMUTEQ. Disponível em: http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/tutoriel-en-portugais.

Camargo, B. V. & Justo, A. M. (2013). IRAMUTEQ: Um software gratuito para análise de dados textuais. Temas em Psicologia, 21(2), 513–518. DOI: https://doi.org/10.9788/tp2013.2-16.

Cantanhede, S. C. da S. (2012). Textos da Revista Ciência Hoje como recurso didático: análise e possibilidades de uso no ensino médio de Química [Dissertação]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

Cantanhede, S. C. da S., Alexandrino, D. M. & Queiroz, S. L. (2015). Divulgação científica como recurso didático no ensino de Química. Disponível em: http://www.gpeqsc.com.br/sobre/manuais/DivulgacaoCiencRecursoDidEnsiQuimica.pdf.

Carson, R. (2010). Primavera Silenciosa. São Paulo: Editora Gaia.

Carvalho, A. M. P. & Gil-Perez, D. (2011). Formação dos professores de Ciências: tendências e inovações. São Paulo: Cortez.

Célia, L. dos S., Barcelos, R. G. de, & Moll, J. (2021). A ressignificação da práxis pedagógica na educação básica e a legitimação da investigação científica. Em N. O. S. Lacerda & R. Loguercio (Orgs.), XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em

Ciências – XIII ENPEC (p. 1–8). Disponível em: https://editorarealize.com.br/edicao/detalhes/anais-do-xiii-encontro-nacional-de-pesquisa-em-educacao-em-ciencias.

Chassot, Á. (2018). Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Unijuí.

Costa, A. (2020). O Ártico na máquina do tempo. Revista Ciência Hoje. Disponível em: https://cienciahoje.org.br/artigo/o-artico-na-maquina-do-tempo/.

Cunha, M. & Perlin, H. (2020). Alfabetização científica e tecnológica: desafios da educação CTS no contexto educacional brasileiro. Revista Mundi Sociais e Humanidades. DOI: https://doi.org/10.21575/25254774rmsh2020vol5n11291.

Dias, G. R., Bento, J. I. M., Cantanhede, S. C. da S. & Cantanhede, L. B. (2017). Textos de Divulgação Científica como uma Perspectiva para o Ensino de Matemática. Educação Matemática Pesquisa, 19(2). DOI: https://doi.org/10.23925/1983-3156.2017v19i2p291-313.

Ferreira, L. N. de A. (2012). Textos de divulgação científica para o ensino de química: características e possibilidades [Tese de doutorado]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

Ferreira, L. N. de A. & Queiroz, S. L. (2012). Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, 5(1), 3–31. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37695/28866.

Freire, P. (2019). Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz & Terra.

Freitas, D. de, Santos, M. dos, Pierson, A. H. C., Calafell, G. & Santos, M. dos. (2022). FACTS: uma ferramenta CTS para avaliação de processos e produtos na educação científica. Revista CTS, 17(51), 179–202. Disponível em: https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/325/287.

Germano, M. G. & Kulesza, W. A. (2007). Popularização da ciência: uma revisão conceitual. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 24(1), 7–25. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1546/5617

Gil-Pérez, D., Fernández, I., Carrascosa, J., Vilches, A., Cachapuz, A., Praia, J. & Salinas, J. (2020). Questioning and overcoming distorted views of science: an essential requisite for the renewal of science education.

Krasilchik, M. (2008). Prática de ensino de Biologia. São Paulo: EDUSP.

Lima, L. S. de S. & Silva, P. da C. G. (2022). Conhecimento científico e o ensino de ciências: tecendo reflexões. Biosphere Comunicações Científicas, 1(1), 38–44. Disponível em: https://revistas.ufpi.br/index.php/bcc/article/view/13228/8139.

Lopes, W. Z. & Garcia, R. N. (2019). Abordagem dos temas Alfabetização Científica (AC) e Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS). Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar, 5(14). DOI: http://dx.doi.org/10.21920/recei72019514283301.

Lorenzetti, L. (2023). Promovendo a Alfabetização Científica e Tecnológica no Contexto Escolar. Educação Por Escrito, 14(1), e45045. DOI: https://doi.org/10.15448/2179-8435.2023.1.45045.

Marchand, P. & Ratinaud, P. (2012). L'analyse de similitude appliquée aux corpus textuels: les primaires socialistes pour l'élection présidentielle française (septembre-octobre 2011). Actes des 11èmes Journées Internationales d'Analyse des Données Textuelles (JADT), 687–699.

Marconi, M. A. & Lakatos, E. M. (2003). Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas.

Massarani, L. & Moreira, I. de C. (2002). Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. Em Luisa. Massarani, I. de C. Moreira, & F. Brito (Orgs.), Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. (p. 25–42). Rio de Janeiro: Editora UFRJ.

Mendes, L. O. R., Proença, M. C. de & Pereira, A. L. (2022). El software IRaMuTeQ em investigación cualitativa: uma revisión sistemática em el ámbito de la educación matemática. Revista Paradigma, XLIII(Ed. Temática: Pesquisa Qualitativa Em Educação Matemática), 228–258.

Mol, G. & Santos, W. L. P. (2013). Química Cidadã (Vol. 1). São Paulo: AJS.

Moura, B. A. (2014). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? Revista Brasileira de História da Ciência, 7(1), 32–46. DOI: https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237.

Nascimento, A. R. A. do & Menandro, P. R. M. (2006). Análise lexical e análise de conteúdo: uma proposta de utilização conjugada. Estud. pesqui. Psicol., 6(2), 72–88. DOI: https://doi.org/10.12957/epp.2006.11028.

Nascimento, R. M. de L. L. & Mól, G. de S. (2020). A formação de professores de ciências: uma análise da sua atuação frente aos desafios e inovações do mundo moderno. Brazilian Journal of Development, 6(3), 15834–15845. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-454.

Oliveira, R. Q. de S., Cantanhede, S. C. da S., Cantanhede, L. B. & Veloso, C. (2023). A divulgação científica no Ensino Fundamental: a ciência e a vida dos cientistas na visão de estudantes. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, 14(1), 1-25. DOI: https://doi.org/10.26843/rencima.v14n1a04.

Ribeiro, G. F. & Artuso, A. R. (2020). A aprendizagem significativa e alfabetização científica e tecnológica nos anos iniciais do ensino fundamental. Revista Mundi Sociais e Humanidades, 5(1), 71. DOI: https://doi.org/10.21575/25254774rmsh2020vol5n11235.

Ricardo, E. C., Custódio, J. F., Rezende Junior, M. F. & Alves Filho, J. P. (2004). A Abordagem CTS e a Alfabetização Científica e Tecnológica: conflitos e aproximações. Em I. P. Martins, F. Paixão, & R. M. Vieira (Orgs.), Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência. Aveiro: AIA-CTS.

Rocha, M. B. (2012). O potencial didático dos textos de divulgação científica segundo professores de ciências. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 5(2), 47–68. DOI: https://doi.org/10.3895/s1982-873x2012000200005.

Santos, W. L. P. (2011). Significados da educação científica com enfoque CTS. Em W. L. P. Santos & D. Auler (Orgs.), CTS e educação científica: desafios, tendências, e resultados e pesquisas (21–47). Brasília: UNB.

Sasseron, L. H. & Machado, V. F. (2017). Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Six, C. (2019). Analyse lexicale appliquée à une question ouverte à l'aide d'IRaMuTeQ [Tese de doutorado]. Paris: Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie.

Sousa, B. L. S., Cantanhede, S. C. da S. & Cantanhede, L. B. (2020). Caracterização de Textos da Revista Ciência Hoje, Seção o Leitor Pergunta, uma Perspectiva para o Ensino da Química na Educação Básica. Exatas Online, 11(1), 50–62.

Sousa, B. L. S., Cantanhede, S. C. da S., Cantanhede, L. B. & Sousa, D. A. de. (2022). Textos de divulgação científica: uma possibilidade para a discussão do conteúdo polímeros no ensino médio. Revista REAMEC, Rede Amazônica em Educação em Ciências e Matemática, 10(3), 1–23. DOI: https://doi.org/10.26571/reamec.v10i3.13730.

Tibáo, L. A. T. (2021). Teorias cognitivistas da aprendizagem: um ensaio de inserção da teoria na prática do ensino de ciências da natureza [Dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense.