

O conceito de Alfabetização Biológica e sua abordagem em sequências didáticas: revisão sistemática de literatura das publicações brasileiras em Língua Portuguesa (2000-2022)

The concept of Biological Literacy and its approach in didactic sequences: a systematic literature review of Brazilian publications in Portuguese (2000-2022)

José Adriano Cavalcante Angelo ^a, Adjane da Costa Tourinho e Silva ^a, Marcelo Tadeu Motokane ^b

^a Rede Nordeste de Ensino (RENOEN), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão - SE, Brasil; ^b Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto - SP, Brasil.

Resumo. Este estudo realiza uma revisão sistemática da literatura sobre Alfabetização Biológica em sequências didáticas para a Educação Básica, sistematizando evidências sobre habilidades cognitivas e argumentativas de estudantes em publicações de 2000 a 2022. Foram selecionados 53 artigos em português com enfoque na Alfabetização Biológica e Científica sobre temas da Biologia. As fontes de pesquisa foram os Periódicos da CAPES e o Google Acadêmico. O risco de viés foi controlado pela implementação das diretrizes PRISMA, objetivando transparência e replicabilidade. As sequências didáticas tratam, principalmente, de organismos e ambiente, com metodologias como ensino investigativo, abordagens interdisciplinares e propostas CTSA. Limitada pela ausência de referenciais próprios nos estudos, a revisão identificou desafios para unificar a definição de Alfabetização Biológica. Quanto à parte pedagógica, as habilidades cognitivas e argumentativas são abordadas, porém de forma restrita: as cognitivas incluem atividades como formulação de hipóteses e análise de dados, mas há uma carência de avaliações qualitativas e quantitativas detalhadas; a argumentação é pouco explorada em termos de análise qualitativa, visto que poucos estudos investigaram seu desenvolvimento. Conclui-se que as pesquisas atualmente focam mais no desenvolvimento da compreensão conceitual do que em habilidades cognitivas e argumentativas, apontando a necessidade de modelos mais robustos para a Alfabetização Biológica.

Palavras-chave:

Alfabetização Biológica, Alfabetização Científica, Biologia, Ensino de Biologia, Revisão Sistemática.

Submetido em

21/08/2025

Aceito em

06/02/2026

Publicado em

25/03/2026

Abstract. This study presents a systematic literature review on Biological Literacy in teaching sequences for Basic Education, systematizing evidence on students' cognitive and argumentative skills in publications from 2000 to 2022. Fifty-three articles in Portuguese were selected, with a focus on Biological and Scientific Literacy in Biology-related topics. The search sources were the CAPES journal portal and Google Scholar. Risk of bias was controlled through implementation of PRISMA guidelines, aiming at transparency and replicability. The teaching sequences mainly address organisms and environment, employing methodologies such as inquiry-based teaching, interdisciplinary approaches, and STSE/CTSA-oriented proposals. Limited by the absence of specific theoretical frameworks in the studies, the review identified challenges to consolidating a unified definition of Biological Literacy. At the pedagogical level, cognitive and argumentative skills are addressed, but in a restricted way: cognitive skills include activities such as hypothesis formulation and data analysis, yet there is a lack of detailed qualitative and quantitative assessment; argumentation is underexplored from a qualitative perspective, as few studies investigate its development. The findings indicate that research currently prioritizes conceptual understanding over cognitive and argumentative skills, underscoring the need for more robust models of Biological Literacy.

Keywords:

Biological Literacy, Scientific Literacy, Biology, Biology Teaching, Systematic Review.

Introdução e contextualização teórica

A Alfabetização Científica é considerada um processo essencial para a formação dos indivíduos em uma sociedade cada vez mais dominada por Ciência e Tecnologia, tendo em vista seu potencial para favorecer a compreensão, análise e tomada de decisões informadas em diversas situações cotidianas. Esse processo envolve a apropriação de conhecimentos, práticas e valores científicos, capacitando os cidadãos a exercerem plenamente sua cidadania (Chassot, 2003; Laugksch, 2000; Miller, 1983; Silva & Sasseron, 2021). A Alfabetização Científica não é apenas um objetivo educacional, mas um conceito estratégico que, devido à sua natureza, é alvo de intensos debates entre diferentes autores e organizações, cada um propondo sua própria interpretação e buscando a adoção de suas visões no campo da educação científica (Norris & Phillips, 2003, 2009; Roberts, 2007).

A partir desse contexto, Norris e Phillips (2003) distinguem a Alfabetização Científica em dois sentidos: fundamental e derivado. O sentido fundamental refere-se à habilidade de ler e escrever sobre ciência, enquanto o sentido derivado é mais abrangente, englobando uma vasta gama de competências e conhecimentos científicos, incluindo a capacidade de pensar cientificamente, resolver problemas e participar em debates sociocientíficos.

Roberts (2007, 2010) propõe uma reflexão sobre a Alfabetização Científica a partir de duas perspectivas principais, frequentemente recorrentes na literatura. A Visão I, de caráter internalista, enfatiza os processos e produtos da ciência, priorizando a estrutura do conhecimento científico, seus princípios e métodos. Essa abordagem busca proporcionar aos estudantes uma compreensão aprofundada da ciência como disciplina, promovendo a aprendizagem de seus conteúdos conceituais e procedimentais, muitas vezes com o intuito de prepará-los para carreiras científicas. Por outro lado, a Visão II, de natureza externalista, desloca o foco para a aplicação do conhecimento científico em contextos sociais significativos, ressaltando seu papel na vida cotidiana e na tomada de decisões informadas por parte dos cidadãos. Essa perspectiva assume uma abordagem sociocultural, considerando as interações entre ciência, tecnologia e sociedade como fundamentais para a educação científica. Roberts (2007, 2010) argumenta que essas duas visões coexistem, mas frequentemente ocupam extremos no espectro educacional, refletindo um tensionamento sobre o que deve ser priorizado no Ensino de Ciências. Enquanto a Visão I é historicamente dominante na educação formal, a Visão II emerge como resposta à necessidade de um ensino mais contextualizado, voltado para a construção de uma cidadania científica ativa.

Ao mobilizar a discussão sobre Alfabetização Científica, Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2011) propõem indicadores e três eixos para acompanhar esse processo, enfatizando a formação cidadã dos estudantes por meio do entendimento e aplicação do conhecimento científico em situações cotidianas. As autoras argumentam que a Alfabetização Científica não se limita ao domínio de conceitos científicos, mas envolve a capacidade de utilizar o conhecimento científico para interpretar e transformar o mundo, promovendo uma interação crítica e consciente com a realidade (Sasseron & Carvalho, 2011). Nesse contexto, a Alfabetização Científica é estruturada em três eixos fundamentais: o primeiro eixo é a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos essenciais, que permite aos estudantes reconhecer e aplicar esses em diversas situações do dia a dia; o segundo eixo

abrange a compreensão da Natureza da Ciência e dos fatores éticos e políticos que compõem sua prática, com ênfase na importância de reflexões críticas sobre o papel da Ciência na sociedade e as responsabilidades associadas ao fazer científico; por fim, o terceiro eixo foca no entendimento das inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, destacando a interdependência desses domínios e a necessidade de uma abordagem integrada para a resolução de problemas complexos (Sasseron & Carvalho, 2008, 2011).

Mais recentemente, Valladares (2021) amplia o debate sobre a Alfabetização Científica (AC) com a proposta da Visão III, que integra e expande as perspectivas anteriores (Visões I e II) ao incorporar fortemente uma dimensão crítica e emancipatória à educação científica. Nessa visão, a Alfabetização Científica transcende a compreensão e aplicação contextualizada dos conhecimentos científicos, visando ao engajamento ativo e transformador dos cidadãos em questões sociocientíficas relevantes, com especial atenção às condições sociais de opressão, desigualdade e exclusão historicamente perpetuadas. Inspirada em abordagens como a pedagogia freireana, essa perspectiva considera essencial que os indivíduos não apenas compreendam o funcionamento da ciência na sociedade, mas também sejam capacitados para participar ativamente na transformação de realidades injustas, promovendo a emancipação individual e coletiva por meio de uma educação orientada para a justiça social e a equidade. Desse modo, Valladares (2021) enfatiza a importância de um ensino que alie pensamento crítico, empoderamento cidadão e ação política, tornando a ciência um agente efetivo de mudanças estruturais, especialmente em contextos marcados por profundas desigualdades sociais e culturais.

Nesse cenário de formação científica, a Biologia emerge como uma Ciência com objetos e metodologias próprios. Mayr (1996) argumenta que todos os fenômenos e processos biológicos são controlados tanto por causas aproximadas como por causas últimas ou evolutivas. Quando se trata das primeiras, é possível reduzir a compreensão dos processos às leis da Química e da Física. No entanto, quando se trata de causas últimas ou evolutivas, isso não é possível, pois estas são controladas pelos programas genéticos de todos os organismos. Esse aspecto não pode ser desconsiderado, nem pela Ciência, nem pela Filosofia da Ciência. Além disso, mesmo seguindo um programa genético e às leis da Química e da Física, os processos biológicos sofrem pressões evolutivas, sendo afetados pelo ambiente, bem como são suscetíveis ao acaso (Kloser 2012; Mayr 1996; 2005).

Sobre isso, Cleland (2020) argumenta que essa característica própria da Biologia, aliada à sua abordagem multifacetada para compreender fenômenos biológicos complexos, tanto historicamente quanto experimentalmente, torna o Ensino de Biologia essencialmente distinto do ensino de outras ciências da natureza.

Portanto, partindo do argumento de que Ensino de Biologia deve ter como objetivo a Alfabetização Biológica de todos os estudantes, especialmente em um contexto de crises ambientais que ameaçam a biodiversidade e de crises sanitárias que ameaçam a saúde coletiva humana (Semilarski, 2022), torna-se necessário discutir suas especificidades, além da Alfabetização Científica (Onel & Durdukoca, 2019).

Nessa perspectiva, torna-se necessário compreender como a alfabetização biológica¹ tem sido desenvolvida, aplicada, adaptada ou mesmo desafiada na Educação Básica nas últimas décadas, a partir análise das produções acadêmicas. Este entendimento é essencial não apenas para identificar lacunas e avanços na literatura, mas também para orientar futuras práticas educativas que possam contribuir de maneira eficaz para o desenvolvimento do Ensino de Biologia.

Portanto, este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de literatura da produção acadêmica brasileira, em língua portuguesa, sobre a *Alfabetização Biológica* em sequências didáticas na Educação Básica em um período de 2000 a 2022, sistematizando as evidências disponíveis sobre as habilidades cognitivas e argumentativas de estudantes nessas intervenções. Considerando o desenvolvimento do campo da Alfabetização Científica e por ocasião da utilização de Letramento como tradução do termo *Literacy*², esta revisão considera, também, em sua análise, o *Letramento Biológico* e a *Alfabetização Científica/Letramento Científico* em sequências didáticas de temas biológicos.

Duas questões de pesquisa serviram de base para este estudo:

1. *Quais habilidade cognitivas e argumentativas são mobilizadas e como são operacionalizadas nas pesquisas que envolvem Alfabetização Biológica/Letramento Biológico ou Alfabetização/Letramento Científico em temas de Biologia, desenvolvidas por meio de sequências didáticas na Educação Básica, em publicações científicas brasileiras em língua portuguesa entre 2000 e 2022?*
2. *Quais são os principais resultados reportados por essas pesquisas quanto ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e argumentativas dos estudantes no contexto dessas sequências didáticas?*

Enquanto estudos bibliométricos ou de mapeamento tendem a descrever características gerais da produção, a presente revisão sistemática de literatura propõe um aprofundamento analítico, focando especificamente nas evidências relativas às habilidades cognitivas e argumentativas dos estudantes. Dessa forma, o objetivo central é compreender qualitativamente como a Alfabetização Biológica vem sendo concebida e efetivada em sequências didáticas na Educação Básica, para além dos dados descritivos da publicação.

Alfabetização Biológica

Como proposta por Uno e Bybee (1994), a Alfabetização Biológica não se limita a um fim único a ser alcançado nas aulas de Biologia, mas deve ser entendida como um contínuo ao longo do qual os indivíduos constroem e reconstroem concepções, habilidades e valores ao longo de suas vidas. Essa concepção é refletida no modelo de quatro níveis (Biological

1 Neste artigo, diferenciaremos a perspectiva conceitual *Alfabetização Biológica*, utilizando as iniciais maiúsculas, da processual, *alfabetização biológica*, com iniciais minúsculas.

2 Por ser um campo em disputa, não há consenso sobre a tradução do termo *Literacy* no Brasil. Assim, dependendo da perspectiva teórica adotada, utiliza-se *Alfabetização* ou *Letramento*, o que se reflete em termos como *Alfabetização Científica* e *Letramento Científico*, bem como *Alfabetização Biológica* e *Letramento Biológico*.

Sciences Curriculum Study [BSCS], 1993; Uno & Bybee, 1994) e amplamente divulgado em trabalhos como o de Krasilchik (2019). Esses níveis (Nominal, Funcional, Estrutural e Multidimensional) são ascendentes e interdependentes, refletindo o progresso no entendimento e aplicação do conhecimento biológico.

No primeiro nível, Alfabetização Biológica Nominal, os indivíduos conseguem identificar termos relacionados à Biologia, mas sem compreender seu real significado ou aplicá-los em outros contextos. Esse nível representa uma alfabetização superficial, onde termos e conceitos são memorizados de forma isolada, levando muitas vezes a concepções equivocadas. A progressão deste nível para a Alfabetização Biológica Funcional implica uma maior familiaridade com termos e conceitos, permitindo que os indivíduos participem de discussões sobre temas biológicos, embora ainda de forma limitada, sem o envolvimento profundo em investigações científicas ou compreensão sistêmica da Biologia (BSCS, 1993; Krasilchik, 2019; Uno & Bybee, 1994).

O avanço para a Alfabetização Biológica Estrutural representa uma maior integração e aplicação do conhecimento biológico em novos contextos. Nesse nível, os indivíduos compreendem como os fatos biológicos, explicações e teorias foram desenvolvidos e são capazes de aplicá-los em situações inéditas, demonstrando um entendimento significativo da Biologia em suas vidas. Por fim, no nível Multidimensional, os indivíduos possuem uma compreensão ampla e interconectada dos conhecimentos biológicos, integrando aspectos históricos, sociais, políticos, econômicos e tecnológicos em sua análise e aplicação, demonstrando uma capacidade robusta de resolver problemas complexos e interdisciplinares (BSCS, 1993; Krasilchik, 2019; Uno & Bybee, 1994).

Com a proposta de ampliação desse modelo, a partir de uma pesquisa teórico-conceitual, Angelo e Silva (2023) e Angelo et al. (2025) propõem a inclusão de mais um nível: Analfabetismo Biológico. Para os autores, pessoas analfabetas biologicamente não conseguem compreender Biologia, seja devido a distúrbios cognitivos, seja pela idade ou estágio de desenvolvimento ou, ainda, por falta de envolvimento com questões relativas ao objeto da Biologia.

Além da perspectiva de níveis, Semilarski e Laius (2021) consideram que a Alfabetização Biológica pode ser compreendida a partir de seis dimensões principais: Cognitiva, Natureza da Biologia, Afetiva, Interdisciplinar, Sustentabilidade e Carreiras Relacionadas à Biologia.

A dimensão Cognitiva envolve a construção do conhecimento biológico, o entendimento dos conceitos centrais, o desenvolvimento de habilidades cognitivas específicas da Biologia e a investigação científica na Biologia. Já a dimensão da Natureza da Biologia abrange a compreensão da Natureza da Ciência e a reflexão sobre os fundamentos epistemológicos, filosóficos, históricos, sociais e culturais que moldam o conhecimento biológico. A dimensão Afetiva, por sua vez, relaciona-se com o desenvolvimento de valores, atitudes e crenças, de maneira a promover uma atitude positiva em relação à Biologia, mobilizando o engajamento em discussões públicas sobre questões sociocientíficas e políticas. A dimensão Interdisciplinar reflete a natureza integrada da Biologia, que se beneficia de interlocuções com outras disciplinas, enriquecendo a compreensão e aplicação do conhecimento biológico. A dimensão de Sustentabilidade enfatiza a importância de desenvolver uma consciência

crítica sobre as questões ambientais, capacitando os indivíduos a tomarem decisões responsáveis em relação à preservação do meio ambiente. Por fim, a dimensão de Carreiras Relacionadas à Biologia destaca a importância de sensibilizar os estudantes para as diversas oportunidades profissionais na área biológica, garantindo que estejam preparados para as exigências profissionais da contemporaneidade (Semilarski, 2022; Semilarski & Laius, 2021).

À essas dimensões, Angelo et al. (2025) propõem a dimensão Bioética da Alfabetização Biológica, que se destaca por enfatizar a reflexão crítica, a análise de dilemas éticos e o desenvolvimento da responsabilidade individual e coletiva diante dos avanços e aplicações do conhecimento biológico, favorecendo a formação de cidadãos capazes de tomar decisões fundamentadas em princípios éticos diante dos desafios impostos pela biotecnologia, saúde pública, sustentabilidade e direitos dos seres vivos

A proposta de Angelo et al. (2025) avança na compreensão da Alfabetização Biológica ao articular os níveis propostos por Uno e Bybee (1994) com as seis dimensões delineadas por Semilarski e Laius (2021). Essa articulação permite uma visão mais holística e estruturada dos caminhos possíveis para o desenvolvimento da Alfabetização Biológica, considerando tanto a perspectiva curricular quanto as práticas de ensino e pesquisa. O modelo propõe a organização das dimensões em três domínios principais: o Domínio Psicológico, que foca na atividade mental e nas habilidades cognitivas relacionadas à Biologia; o Domínio Epistêmico, que se concentra na construção e estabelecimento do conhecimento biológico, com ênfase na interdisciplinaridade e na Natureza da Biologia; e o Domínio Social, que enfatiza as interações do conhecimento biológico com aspectos culturais, éticos, ambientais e profissionais, promovendo o engajamento do estudante diante de desafios contemporâneos, como questões de sustentabilidade, bioética e cidadania responsável.

Dentro desse contexto, o modelo reconhece que a Alfabetização Biológica Multidimensional só pode ser plenamente alcançada através de uma forte ênfase na interdisciplinaridade, que permite uma compreensão integrada e contextualizada da Biologia em diferentes níveis de desenvolvimento, preparando os indivíduos para enfrentar desafios globais de forma sustentável, ética e inovadora Angelo et al. (2025). A Figura 1 apresenta o modelo proposto pelos autores.

Assim, a Alfabetização Biológica se apresenta como um componente essencial na formação de cidadãos críticos e conscientes, especialmente em uma sociedade cada vez mais impactada por questões ambientais, sanitárias e tecnológicas, nas quais decisões cotidianas e políticas públicas são atravessadas por controvérsias sociocientíficas relacionadas à saúde, biodiversidade, biotecnologia e sustentabilidade. Nessa perspectiva, a Alfabetização Biológica articula dimensões, favorecendo a leitura crítica de informações, a avaliação de evidências e a tomada de decisões responsáveis, bem como a participação qualificada em debates públicos que envolve conhecimento biológico e suas implicações para a vida individual e coletiva.

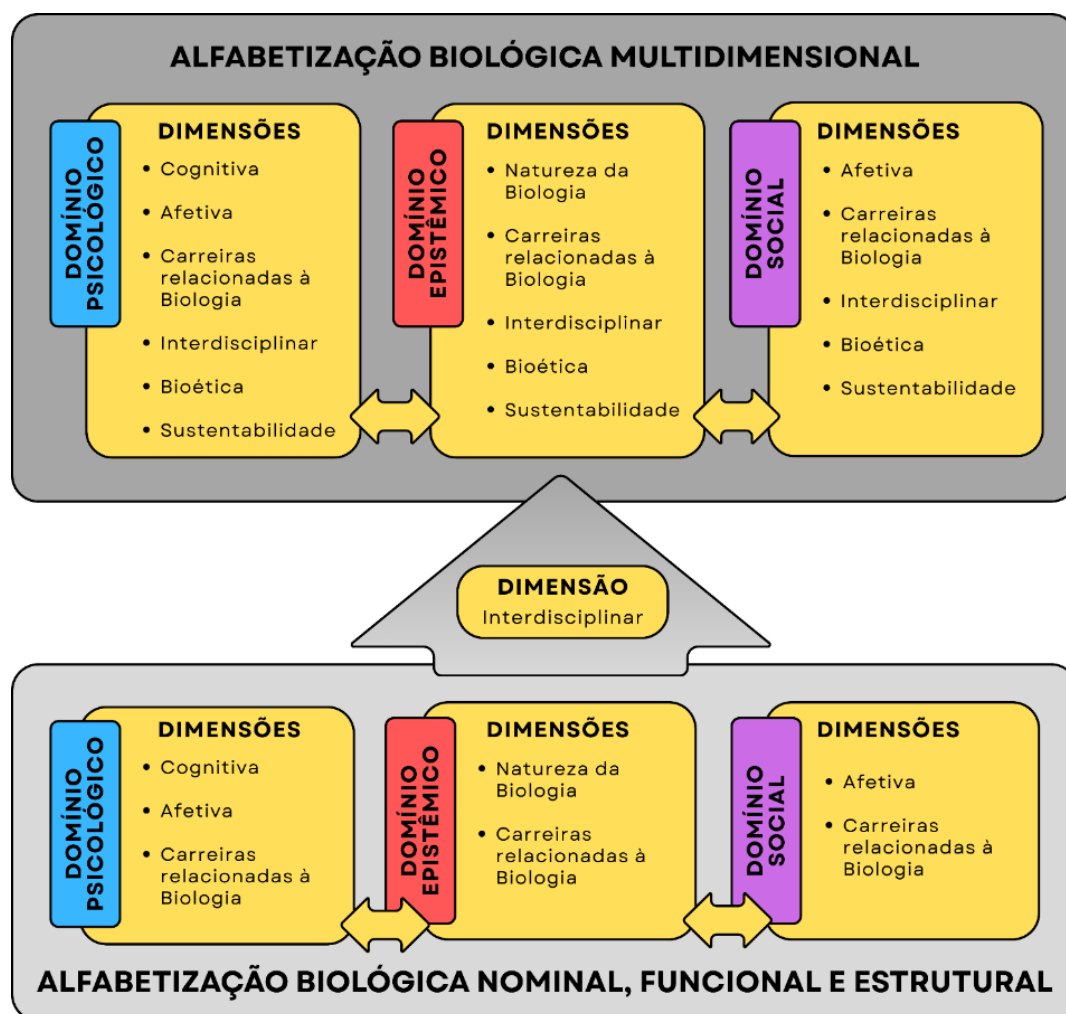


Figura 1. Modelo de Alfabetização Biológica (Angelo et al., 2025).

Métodos

Aqui, partimos da escolha do PRISMA³ (Galvão et al., 2022; Page et al., 2021) como metodologia para conduzir a revisão sistemática. O PRISMA, desde sua publicação inicial em 2009, tem sido amplamente utilizado para garantir que revisões sistemáticas sejam conduzidas e relatadas de maneira clara, precisa e completa. A atualização de 2020 da diretriz, que substitui a versão de 2009, reflete avanços significativos na metodologia de revisões sistemáticas, tornando-a ainda mais adequada para a avaliação de intervenções em diversas áreas, incluindo a Educação (Galvão et al., 2022). Nesta versão mais recente, houve implementação dos itens da lista de checagem, o que promove a adoção de práticas que assegurem a replicabilidade e a validade dos resultados encontrados.

³ *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*, em tradução livre: Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises.

A adoção das diretrizes PRISMA, neste estudo, teve como motivação a falta de sistematização e transparência das revisões tradicionais ou narrativas, comuns na área de Ensino, já que os autores tendem a selecionar amostras sem critérios claros ou explicitados, o que pode introduzir vieses significativos. Essas revisões narrativas, apesar de possibilitarem discussões críticas sobre trabalhos anteriores, não fornecem aos leitores informações detalhadas sobre os métodos utilizados para identificar, selecionar e avaliar os estudos incluídos, comprometendo a replicabilidade e a confiabilidade dos resultados (Azevedo & Scarpa, 2017).

Procuramos seguir de maneira mais fiel as recomendações da Lista de Checagem PRISMA 2020 (Galvão et al., 2022; Page et al., 2021).

Critérios de elegibilidade

Neste artigo, utilizamos critérios de elegibilidade baseados no campo de estudo, na metodologia, no formato da produção, temporal e de acesso, conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios de elegibilidade

Critério N	Tipo	Descrição
1	Termos	<i>alfabetização biológica, letramento biológico, alfabetização científica E Biologia, Letramento científico E biologia.</i>
2	Idioma	Língua Portuguesa.
3	Ano de publicação	2000 a 2022.
4	Tipo de publicação	Artigos em periódicos revisados por pares.
5	Metodologia	Intervenções de ensino por meio de sequências didáticas.
6	Nível de ensino	Educação básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental Séries Iniciais, Ensino Fundamental Séries Finais e Ensino Médio).

Foram incluídas na revisão produções em língua portuguesa que abordam o campo da Alfabetização Biológica. Devido à variação na tradução de *Biological Literacy* no Brasil e à natureza disputada do campo, optamos por utilizar tanto o termo *Alfabetização Biológica* quanto *Letramento Biológico*. Para ampliar o alcance da produção brasileira, realizamos uma busca simultânea entre Alfabetização Científica (e Letramento Científico) e Biologia. Apenas produções em língua portuguesa foram consideradas, e a busca não incluiu *Literacia Biológica*, termo usado em outros países lusófonos.

Como critério de elegibilidade adicional, foram incluídas as publicações que sejam de sequências didáticas na educação básica, a partir da perspectiva de Zabala, p. (2014, p. n.p), que descreve essas sequências como “*um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos*”. Foram excluídos os trabalhos que apresentavam atividades didáticas para diferentes grupos de estudantes, sem uma sequência intencional.

Para a inclusão, foram considerados apenas artigos publicados em periódicos revisados por pares entre 2000 e 2022. Artigos não revisados, *preprints*, publicações em eventos, livros, capítulos de livro, monografias, teses e dissertações foram excluídos.

Fontes de informação

Esta é a etapa de Identificação dos registros. Aqui, foram escolhidas duas fontes de informação para a revisão: O Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), conhecido como Periódicos da CAPES⁴, por reunir e disponibilizar as produções do Brasil e no mundo, com 39 mil periódicos e 396 bases de dados⁵; e o Google Acadêmico⁶, por ser o mais abrangente mecanismo de busca acadêmica, com mais de 389 milhões⁷ de registros (Gusenbauer, 2019).

Estratégia de busca

Os Periódicos da CAPES apresentam os campos de pesquisa próprios com os menus suspensos para escolha de seus filtros. Na busca avançada, foram utilizados os critérios “Qualquer campo” + “contém” + *termo*, e a combinação destes com “E” “Qualquer campo” + “contém” + *termo*. A pesquisa foi realizada pelo navegador *Microsoft Edge*, versão 114, no dia 02 JUL. 2023. Os filtros e termos de busca utilizados nos Periódicos da CAPES estão na Tabela 2.

Tabela 2. Filtros e Termos da estratégia de busca nos Periódicos da CAPES

Filtros	Termos
“Qualquer campo” “contém”	<i>alfabetização biológica</i>
“Qualquer campo” “contém”	<i>letramento biológico</i>
“Qualquer campo” “contém”	<i>alfabetização científica</i>
“E” “Qualquer campo” “contém”	<i>biologia</i>
“Qualquer campo” “contém”	<i>letramento científico</i>
“E” “Qualquer campo” “contém”	<i>biologia</i>

No Google Acadêmico foi utilizada a pesquisa avançada, preenchendo os campos “com a **frase exata**” e “com **todas** as palavras” (grifo do mecanismo de busca). Esses equivalem aos operadores aspas duplas, para a busca pelo termo exato, e o booleano *AND*, para resultados de produções com ambos os termos. A pesquisa no Google Acadêmico foi realizada pelo software *Publish or Perish* (PoP) (Harzing, 2007), versão 8, no dia 02 JUL. 2023. Os filtros e termos de busca utilizados no Google Acadêmico estão na Tabela 3.

Os resultados de busca no Google Acadêmico foram ordenados por relevância, resultados de qualquer tipo, exceto patentes e citações. Por limitações técnicas do próprio mecanismo de busca, que mesmo indicando milhares de resultados, apenas os primeiros 980 resultados aparecem na lista, deparamo-nos com registros não acessíveis.

4 Disponível em: <<https://periodicos.capes.gov.br>>.

5 Informações disponibilizadas pelo portal em 30 JUN. 2023.

6 Disponível em: <<https://scholar.google.com.br>>

7 Dados referente à data da publicação do artigo.

Tabela 3. Filtros e Termos da estratégia de busca no Google Acadêmico

Filtro	Termos	Termos de pesquisa no PoP
com a frase exata	<i>alfabetização biológica</i>	<i>"alfabetização biológica"</i>
com a frase exata	<i>letramento biológico</i>	<i>"letramento biológico"</i>
com todas as palavras	<i>biologia</i>	<i>"alfabetização científica"</i>
com a frase exata	<i>alfabetização científica</i>	<i>AND biologia</i>
com todas as palavras	<i>biologia</i>	<i>"letramento científico"</i>
com a frase exata	<i>letramento científico</i>	<i>AND biologia</i>

Em seguida, com o auxílio do *Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO*, versão 2306 64bits, todos os resultados identificados (e acessíveis) foram consolidados em uma única planilha, com as colunas organizadas pela fonte de informação, autores e nome da obra. Foi aplicada na coluna com os nomes das obras, os recursos: 1. *Classificar e Filtrar*, 2. *Filtro* e 3. *Classificar de A a Z*, organizando a coluna por ordem alfabética; 4. *Formatação Condicional*, 5. *Regras de Realce das Células* e 6. *Valores Duplicados*. Em seguida, todos os títulos foram verificados manualmente para a inclusão de possíveis artigos definidos ou indefinidos (o/a/os/as/um/uma/uns/umas), remoção dos pontos finais e organização apenas dos títulos em Língua Portuguesa, visto que muitas vezes as fontes de informação traziam os títulos em Língua Inglesa junto. Dessa forma, os resultados duplicados foram realçados pelo software e removidos manualmente.

Por fim, foram removidos todos os registros identificados por outros motivos: em outro idioma, arquivos de anais completos de eventos, citações, cursos online, planos de curso, programação de eventos, página jornalística e registro com senha de acesso.

Processo de seleção

As etapas de seleção e elegibilidade foram realizadas pelo autor principal deste artigo, com supervisão, orientação e revisão da coautora, visando a uniformidade da seleção dos registros e evitando divergências.

Nesta etapa, foram excluídos os registros que tratavam de outros temas: produções sobre alfabetização de pessoas com deficiências biológicas (transtorno do espectro autista, Síndrome de Down etc.), letramento escolar de forma diversa e produções da área das Ciências Biológicas.

Em seguida, foi feito o download dos documentos elencados nos registros triados e excluídos os arquivos que não estavam disponíveis para download. Os documentos foram incluídos na biblioteca do *ATLAS.ti*, versão 24, por este software ser capaz de unificar o gerenciamento das leituras e análise das produções selecionadas dentro de uma única ferramenta.

Elegibilidade

Com as publicações recuperadas, foi realizada uma avaliação para elegibilidade com a leitura dos resumos para a seleção inicial.

Foram removidas as publicações que não atediam os critérios de elegibilidade da Tabela 1. O principal motivo de exclusão das publicações recuperadas e elegíveis foi o critério tipo de publicação, de forma a não incluir teses, dissertações, monografias, *preprints*, resumos e artigos de eventos, artigos não revisados por pares, livros e capítulos de livros.

Ainda assim, foram excluídas publicações que não atendiam o ano de publicação (anterior a 2000 e posterior a 2022), a metodologia (não envolvia sequência didática) e nível de ensino (por exemplo, ensino superior).

Durante esta etapa, os trabalhos foram codificados no *ATLAS.ti*, que subsidiou a revisão.

Revisão

Nesta etapa, 53 trabalhos atenderam todos os critérios de elegibilidade. Estes farão parte da revisão, detalhada na próxima seção.

Resultados

Seleção de estudos

O Fluxograma PRISMA dos processos de identificação, seleção e elegibilidade, adaptado de Page et al. (2021), e tradução de Galvão et al. (2022), é apresentado na Figura 2.

Características dos estudos

O Tabela 4, disponível como Material Suplementar, apresenta as características de cada um dos estudos elegíveis para a revisão. Esta organiza-se pelo ID atribuído, autoria, título do artigo, ano de publicação, uma breve descrição e DOI ou URL de acesso.

Para melhor gerenciamento dos arquivos e gestão da bibliografia, foi utilizado o software *Mendeley Reference Manager* e o plugin *Mendeley Cite*.

Identificação de publicações em bases de dados e repositórios

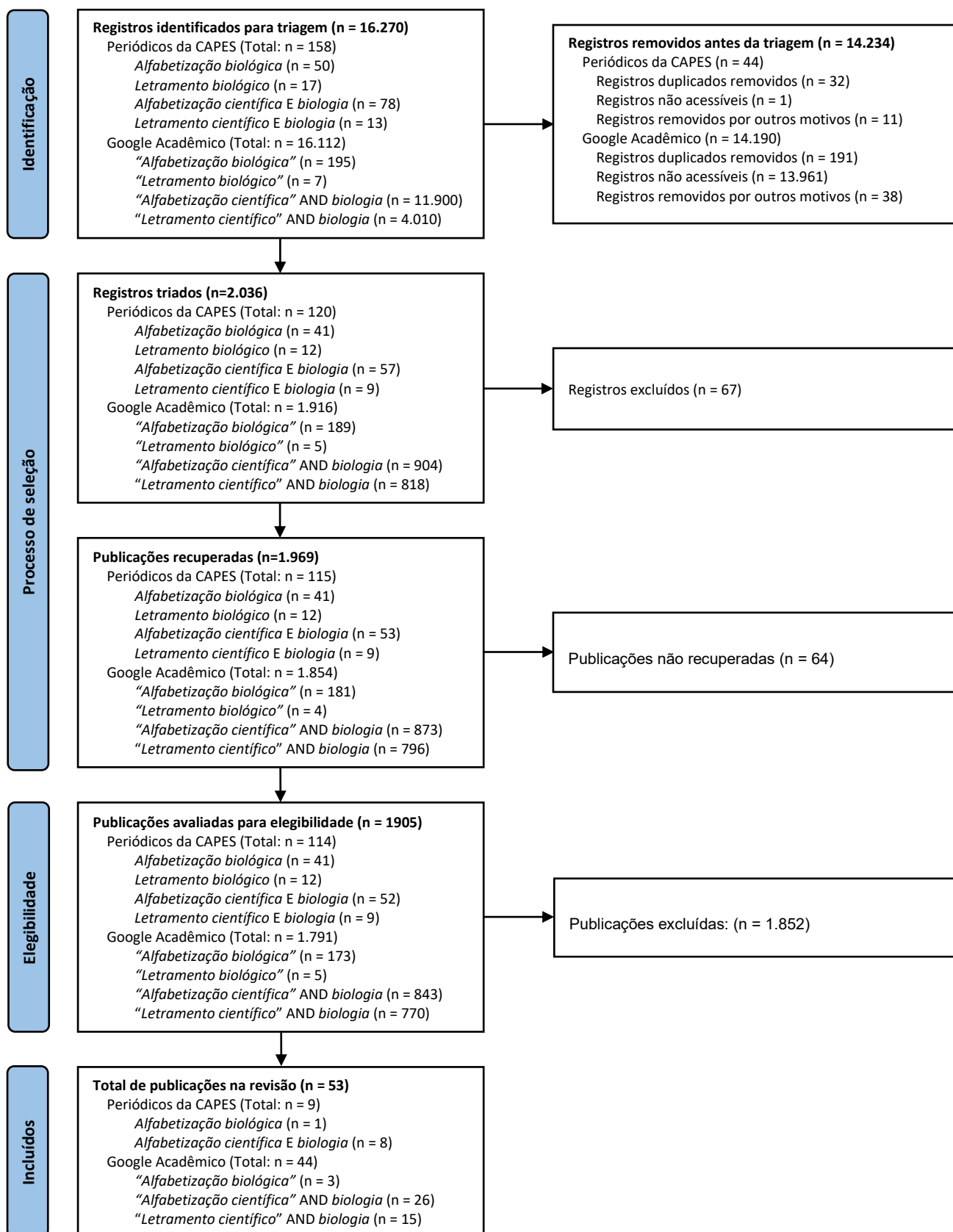


Figura 2. Fluxograma PRISMA da identificação, seleção e elegibilidade de publicações.

Discussão

Interpretação geral dos resultados

Houve melhoria das habilidades dos estudantes?

Os trabalhos revisados trazem evidências do desenvolvimento de diferentes habilidades relacionada ao Ensino de Ciências e Biologia nos estudantes, aqui organizadas em: *Habilidades Cognitivas*, que são as capacidades mentais que permitem que um indivíduo processe informações, aprenda, raciocine, resolva problemas, tome decisões e interaja com o mundo ao seu redor; *Habilidades Argumentativas*, que referem-se à capacidade de expressar ideias, pensamentos e sentimentos de forma clara, eficaz e adequada ao contexto, utilizando diferentes linguagens.

A seguir, apresentamos a Tabela 5, que sintetiza as principais contribuições identificadas nos estudos quanto ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e argumentativas. A partir desse panorama, são discutidos os padrões e tendências observados.

Tabela 5. Síntese das principais contribuições por estudo.

ID	Autores	Habilidades cognitivas	Habilidades argumentativas
S-1	Nascimento et al., 2017	pensamento crítico; formulação de hipóteses	não explicitado
S-2	Fornazari & Obara, 2019	pensamento crítico; tomada de decisão	não explicitado
S-3	Lopes et al., 2018	compreensão; pensamento crítico	não explicitado
S-4	Bender et al., 2020	formulação de hipóteses	uso pontual de argumentação em explicações sobre decomposição (indícios qualitativos de melhoria).
S-5	Costa & Lorenzetti, 2020	compreensão; construção do conhecimento; pensamento crítico; raciocínio	aperfeiçoamento da argumentação em discussões sobre lixo e reciclagem.
S-6	Damiano & Rezende, 2021	análise	não explicitado
S-7	Vasconcelos et al., 2022	compreensão	não explicitado
S-8	Xavier & Rodrigues, 2021	compreensão	não explicitado
S-9	Marchão & Machado, 2018	formulação de hipóteses	melhoria qualitativa da capacidade de argumentação em problemas cotidianos.
S-10	Marques & Xavier, 2020	pensamento crítico	indícios indiretos de desenvolvimento da argumentação (indicadores de Alfabetização Científica).
S-11	Silva et al., 2021	análise	não explicitado
S-12	Sinieghi & Barreto, 2021	compreensão; reflexão	não explicitado
S-13	Freire et al., 2021	resolução de problemas	não explicitado
S-14	Yamada & Motokane, 2013	pensamento crítico	indícios de melhoria da argumentação a partir da apropriação do discurso docente e de textos de Ecologia.
S-15	Marques & Xavier, 2019	pensamento crítico	indícios de desenvolvimento da argumentação científica com base em indicadores de Alfabetização Científica.
S-16	Oliveira et al., 2021	formulação de hipóteses	não explicitado

ID	Autores	Habilidades cognitivas	Habilidades argumentativas
S-17	Almeida et al., 2022	não explicitado	ampliação da capacidade argumentativa sobre conceitos ecológicos mediada por leitura de textos científicos.
S-18	Silva & Campos, 2018	compreensão; pensamento crítico; raciocínio; formulação de hipóteses	não explicitado
S-19	Alves & Caldeira, 2005	reflexão	não explicitado
S-20	Anjos et al., 2021	pensamento crítico; resolução de problemas	não explicitado
S-21	Fabricio et al., 2020	compreensão	não explicitado
S-22	Lima et al., 2021	não explicitado	argumentação científica analisada pelo padrão de Toulmin, com evolução na complexidade dos argumentos.
S-23	Perez et al., 2015	compreensão	não explicitado
S-24	Tognon & Oliveira, 2021	formulação de hipóteses	progressão da argumentação, com uso de dados experimentais para justificar afirmações e conclusões.
S-25	Aragão et al., 2019	construção do conhecimento; pensamento crítico; reflexão; formulação de hipóteses	não explicitado
S-26	Novo & Cavalcanti, 2022	formulação de hipóteses	indícios de desenvolvimento da capacidade argumentativa em sequência investigativa sobre microrganismos.
S-27	Moresco et al., 2017	compreensão	contexto experimental e colaborativo que favorece a argumentação.
S-28	Pereira et al., 2020	raciocínio	não explicitado
S-29	Fontes et al., 2022	compreensão	não explicitado
S-30	Silva et al., 2022	compreensão; pensamento crítico	não explicitado
S-31	Rocha & Malheiro, 2020	compreensão; resolução de problemas	argumentação ancorada em dados empíricos e linguagem disciplinar para justificar relações tróficas.
S-32	Bizotto, 2021	pensamento crítico; formulação de hipóteses	argumentação estimulada em discussões colaborativas mediadas por Tecnologias da Informação e Comunicação, com construção coletiva de argumentos.
S-33	Rodrigues & Massabni, 2022	reflexão	argumentação em debates sobre questões éticas e sociocientíficas, com formulação de argumentos sobre limites da pesquisa.
S-34	Sessa & Trivelato, 2017	construção do conhecimento	não explicitado
S-35	Lorenzon & Herrmann, 2020	compreensão	não explicitado
S-36	Karasek & Nobre, 2019	pensamento crítico	não explicitado
S-37	Martins & Oliveira, 2021	formulação de hipóteses	não explicitado
S-38	Scarpa et al., 2017	pensamento crítico; formulação de hipóteses	uso de argumentação em ensino por investigação, sem avaliação detalhada da qualidade dos argumentos.
S-39	Bavaresco & Palcha, 2020	pensamento crítico; análise; resolução de problemas; formulação de hipóteses	argumentação baseada em evidências na sequência investigativa.
S-40	Imhof & Schroeder, 2016	construção do conhecimento	não explicitado
S-41	Mendes et al., 2022	formulação de hipóteses	comunicação de conclusões em atividades com ferramenta de bioinformática, com potencial exercício argumentativo.
S-42	Vale et al., 2020	compreensão	não explicitado
S-43	Ferreira et al., 2012	análise	não explicitado
S-44	Santana & Sedano, 2021	formulação de hipóteses	não explicitado
S-45	Souza et al., 2016	não explicitado	melhoria da argumentação em discussões a partir de textos científicos.

ID	Autores	Habilidades cognitivas	Habilidades argumentativas
S-46	Oliveira & Vasconcelos Filho, 2022	análise; formulação de hipóteses	não explicitado
S-47	Santos et al., 2016	reflexão	não explicitado
S-48	Araujo et al., 2021	tomada de decisão	dificuldades argumentativas identificadas em contexto de letramento científico em comunidades tradicionais.
S-49	Nascimento et al., 2022	não explicitado	não explicitado
S-50	Viecheneski & Carletto, 2013	não explicitado	progressos iniciais na justificação de respostas em crianças em processo de alfabetização da língua materna.
S-51	Pezarini & Maciel, 2020	não explicitado	progressão nos níveis de qualidade da argumentação.
S-52	Brandão et al., 2021	formulação de hipóteses	desenvolvimento de habilidades argumentativas em investigações sobre fotossíntese.
S-53	Rocha & Butnariu, 2021	compreensão	não explicitado

Nas subseções a seguir, os estudos são referenciados pelo formato autor-data e identificados também pelo respectivo ID.

Habilidades Cognitivas

A *compreensão* refere-se à capacidade dos alunos de extrair e construir significados a partir de estímulos instrucionais variados, como palestras, textos e recursos visuais. Esse processo envolve a integração ativa de novos conhecimentos aos esquemas cognitivos preexistentes, estabelecendo conexões significativas entre informações e conceitos. Assim, a *compreensão* vai além da simples memorização, pois engloba habilidades como interpretação, exemplificação, classificação, síntese, inferência, comparação e explicação, que permitem aos estudantes construir uma representação mental coerente e aplicável do conhecimento adquirido (Anderson et al., 2001).

A análise dos estudos revisados revela avanços expressivos na habilidade de *compreensão* em diferentes contextos educacionais. No estudo de Costa e Lorenzetti (2020) (S-5), uma sequência didática sobre crustáceos incentivou os alunos a assimilarem termos científicos complexos, evidenciando elementos da alfabetização científica funcional, conceitual e processual (Bybee, 1995). Em outra pesquisa, com crianças observando o ciclo de vida das joaninhas, Lopes et al. (2018) (S-3) verificaram que mesmo crianças que ainda não dominavam a fala conseguiram *compreender* o ciclo de vida, o que demonstra a capacidade de aprendizado em estágios iniciais de desenvolvimento. Nas aulas de campo descritas por Silva e Campos (2018) (S-18), os estudantes desenvolveram uma *compreensão* mais aprofundada dos fenômenos naturais, como a relação entre vegetação e rochas.

Outros estudos focaram em metodologias específicas para explorar a *compreensão* de conceitos científicos. Utilizando a Teoria de Galperin, Vasconcelos et al. (2022) (S-7) analisaram as etapas de formação das ações mentais dos alunos no aprendizado sobre seres vivos, especialmente as características que os definem. Da mesma forma, uma sequência didática desenvolvida por Xavier e Rodrigues (2021) (S-8) promoveu a *compreensão* de conceitos científicos relacionados à respiração, abordando temas como a importância do ar e

as diferenças respiratórias entre espécies, como pássaros e dinossauros voadores. Sinieghi e Barreto (2021) (S-12) também destacam como a aplicação de metodologias ativas sobre temas como borboletas, minhocas, formigas e terrários facilitou a *compreensão* dos conceitos científicos envolvidos.

A utilização de múltiplos recursos didáticos também mostrou impactos positivos. Fabricio et al. (2020) (S-21) relataram que, ao empregar textos, vídeos, experimentos e jogos para ensinar conceitos sobre células, como célula procarionte e eucariótica, DNA e genética, os alunos demonstraram progressos notáveis na *compreensão* ao longo das atividades. No ensino da evolução, Fontes et al. (2022) (S-29) destacam que o uso de metodologias ativas, incluindo jogos e plataformas virtuais, foi eficaz para desenvolver a *compreensão* dos alunos sobre esse conceito.

Na área de geociências, Perez et al. (2015) (S-23) analisaram a eficácia de oficinas didáticas na alfabetização científica, observando um avanço na *compreensão* de termos específicos, como fóssil e paleontólogo, e de processos como a reconstrução paleontológica e a fossilização. De forma semelhante, Silva et al. (2022) (S-30) investigaram como a experimentação investigativa ajudou na construção de conhecimentos interdisciplinares, permitindo que os alunos *compreendessem* melhor o conceito de cadeia alimentar e as relações entre produtores e consumidores. Em Rocha e Malheiro (2020) (S-31), a *compreensão* de cadeias alimentares e do fluxo de energia ficou evidenciada pela representação coerente das relações tróficas e pelo uso consistente de termos específicos.

Em outros estudos, a *compreensão* se ampliou para temas de microbiologia e hábitos de vida. Lorenzon e Herrmann (2020) (S-35) observaram que a participação em um projeto sobre higiene levou os alunos a modificarem autonomamente alguns de seus hábitos de higiene, mostrando a *compreensão* da importância desse tema para a saúde. Vale et al. (2020) (S-42), ao estudarem a aplicação de multiletramentos no ensino de microbiologia, constataram que os alunos desenvolveram uma *compreensão* sobre fungos, incluindo suas características e importância ecológica. Rocha e Butnariu (2021) (S-53), ao aplicar uma sequência didática sobre artrópodes, notaram uma melhora na *compreensão* dos estudantes sobre a relevância ecológica e econômica desses organismos.

Por fim, Moresco et al. (2017) (S-27) destacam que uma oficina de microbiologia baseada em experimentação aprofundou a *compreensão* dos estudantes, confirmando que a prática contribui para uma aprendizagem mais robusta. Uma compreensão profunda envolve não apenas a construção ativa e significativa do conhecimento, mas também uma multiplicidade de contextos, análise, resolução de problemas, tomada de decisão e o uso de estratégias metacognitivas (National Research Council, 2000).

Os estudos analisados destacam a *construção do conhecimento* como um processo ativo, significativo e não linear, em que o aluno mobiliza seus conhecimentos prévios e experiências para criar novos significados e compreensões. Diferente de uma simples codificação de informações, a aprendizagem ocorre pela interação com o conteúdo, reorganizando e transformando as estruturas cognitivas. Esse processo é contínuo e pode variar conforme o indivíduo, o contexto e a natureza do conhecimento abordado (National Research Council, 2000).

No estudo de Costa e Lorenzetti (2020) (S-5), os alunos mostraram como *constroem novos conhecimentos* científicos de maneira ativa, utilizando suas experiências anteriores e as interações nas atividades para aplicar esses conceitos em contextos variados. Em uma atividade sobre o uso sustentável da água, Aragão et al. (2019) (S-25) observaram que a construção de uma estação de tratamento de água pelos estudantes favoreceu uma *construção* prática e engajadora do conhecimento. De modo similar, Sessa e Trivelato (2017) (S-34) relataram que, durante atividades de campo, os estudantes integraram o objeto empírico ao discurso científico, processo facilitado pela mediação do monitor, o que evidenciou a *construção do conhecimento* de forma concreta e significativa.

Outro exemplo de *construção* ativa e reflexiva do conhecimento é encontrado na pesquisa de Imhof e Schroeder (2016) (s-40), que exploraram o uso da metodologia Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade no ensino de Sexualidade Humana. Nesse contexto, os alunos tiveram a oportunidade de *construir* saberes por meio da reflexão e da interatividade, favorecendo uma compreensão aprofundada do tema.

A melhoria na capacidade de *pensamento crítico* foi ênfase em vários trabalhos. Este, trata-se de um processo intelectual que consiste na avaliação ativa, persistente e cuidadosa de crenças e conhecimentos à luz da evidência que as sustenta. É um processo de reflexão hábil e deliberada que visa a formar julgamentos racionais sobre o que acreditar ou como agir. O *pensamento crítico* apresenta três principais características: o pensamento independente, que exige ir além da aceitação passiva de informações, buscando questionar ideias e procurando evidências que as sustentem; a suspensão de julgamento, que significa reunir informações relevantes de diferentes fontes e perspectivas antes de formar uma opinião, em vez de tirar conclusões precipitadas, permitindo a análise ponderada da evidência e evita a formação de vieses; disposição para modificar ou abandonar julgamentos prévios, caracterizada pela flexibilidade e abertura à mudança à medida que novas evidências e perspectivas são consideradas, de forma que há a disposição de revisar crenças e conclusões anteriores, mesmo que isso signifique abandonar ideias previamente consideradas verdadeiras (National Research Council, 2000).

Os estudos analisados evidenciam que o *pensamento crítico* dos alunos foi significativamente aprimorado em diversos contextos de aprendizagem. No estudo de Nascimento et al. (2017) (S-1), a partir de dados de pacientes hipotéticos, contextualizada com a Copa do Mundo de 2014, estimulou os alunos a desenvolverem *pensamento crítico*. Em uma abordagem similar, Fornazari e Obara (2019) (S-2) observaram que a alfabetização em nutrição incentivou os alunos a questionarem a presença de imagens de pessoas bonitas em propagandas de produtos light, evidenciando um *pensamento crítico* sobre a influência da mídia em hábitos alimentares. Com um foco em hipertensão arterial, o trabalho de Anjos et al. (2021) (S-20) mostrou que a Educação Científica Baseada em Projetos incentivou o *pensamento crítico* e a resolução de problemas, com os alunos participando ativamente na criação de materiais e atividades de sensibilização sobre a doença.

Estudos com animais também evidenciaram o desenvolvimento do *pensamento crítico*. Costa e Lorenzetti (2020) (S-5), em uma sequência didática sobre crustáceos, destacaram como os alunos desenvolveram o *pensamento crítico*, ao refletirem sobre a legislação de captura de

caranguejos e posicionar-se criticamente contra a venda ilegal desses animais. Da mesma forma, Lopes et al. (2018) (S-3), ao abordar o ciclo de vida das joaninhas, relataram que atividades lúdicas e práticas contribuíram para a capacidade dos alunos de *pensar criticamente*.

A pesquisa de Yamada e Motokane (2013) (S-14), centrada em Ecologia e mudanças na vegetação da restinga, mostrou que a interação com o professor e o material didático incentivou o *pensamento crítico* dos estudantes. A alfabetização científica, promovida através de aulas de campo (Silva & Campos, 2018) (S-18), também demonstrou a importância de atividades investigativas para desenvolver o *pensamento crítico*, à medida que os alunos analisaram fenômenos naturais. Bizotto (2021) (S-32), em um estudo com alunos da Educação de Jovens e Adultos, relatou que práticas investigativas sobre o crescimento vegetal em diferentes condições de luminosidade estimularam o *pensamento crítico* dos estudantes. No estudo de Scarpa et al. (2017) (S-38), a aplicação de uma sequência didática investigativa de Ecologia, baseada no Ciclo de Indagação, contribuiu para o desenvolvimento do *pensamento crítico* em alunos do Ensino Médio. Em outra perspectiva ambiental, Marques e Xavier (2019, 2020) (S-10 e S-15, respectivamente) relataram como as discussões sobre Pegada Ecológica do Lixo capacitaram os alunos a relacionarem conhecimento científico com questões sociais e ambientais, ao refletirem sobre os impactos do descarte inadequado de lixo e a importância da ação coletiva, evidenciando indicativo de *pensamento crítico*.

A pesquisa de Aragão et al. (2019) (S-25), com foco no uso sustentável da água, demonstrou que a utilização de reportagens e a construção de uma estação de tratamento de água propiciaram um ambiente de aprendizado que fomentou o *pensamento crítico* sobre questões ambientais. No estudo de Silva et al. (2022) (S-30), sobre os impactos dos agrotóxicos em células, o uso da experimentação incentivou o questionamento e a construção autônoma de conhecimento, relacionando a alfabetização científica à observação, análise e reflexão crítica, desenvolvendo o *pensamento crítico* sobre a temática. Karasek e Nobre (2019) (S-36) mostraram que, ao aplicar conhecimentos sobre organelas celulares em situações reais, como a prática da tatuagem, os alunos desenvolveram o *pensamento crítico* ao contextualizar os conteúdos aprendidos.

Por fim, Bavaresco e Palcha (2020) (S-39) destacam a importância do ensino de Ciências por Investigação para promover a alfabetização científica ao trabalhar o sistema sensorial como tema. A pesquisa sublinha o papel da participação ativa dos alunos e o uso da linguagem, demonstração e argumentação como ferramentas essenciais para a construção de conhecimento e o desenvolvimento do *pensamento crítico*.

A *análise* é o processo cognitivo que envolve a decomposição de um todo em suas partes constituintes para compreender a inter-relação entre os elementos e a estrutura geral, visando a construção de significado. Este processo, essencial para a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades complexas, manifesta-se por meio de diferentes processos cognitivos: a diferenciação, capacidade de distinguir e selecionar as informações relevantes em um conjunto de dados, identificando os elementos essenciais para a compreensão do todo; a organização, habilidade de identificar padrões, sequências e relações entre as partes, organizando-as em uma estrutura coerente que facilita a compreensão e a interpretação das

informações; e a atribuição, compreensão do contexto, das intenções, dos valores e dos possíveis vieses presentes na informação, reconhecendo a influência da perspectiva do autor na construção do discurso. A *análise* está intrinsecamente ligada a outras habilidades cognitivas essenciais, atuando como base para o pensamento crítico, a compreensão da linguagem e a resolução de problemas (Anderson et al., 2001).

Diversos estudos exemplificam como a *análise* foi promovida em diferentes contextos educativos. O uso de hemogramas como ferramenta de ensino, por exemplo, proporcionou aos estudantes a oportunidade de praticar a *análise*, ao interpretar resultados e associá-los a possíveis diagnósticos e sintomas (Oliveira & Vasconcelos Filho, 2022) (S-46). Em um contexto distinto, Damiano e Rezende (2021) (S-6) relataram que os alunos exercitaram a *análise* ao investigar culturas de fungos, relacionando suas características ao cotidiano. Outro exemplo é apresentado por Silva et al. (2021) (S-11), que descreveram como os alunos foram incentivados a *analisar* o processo de produção de iogurte durante uma visita a uma fábrica.

A *análise* de questões socioambientais também tem sido um tema relevante. No estudo de Ferreira et al. (2012) (S-43), os alunos exploraram a realidade socioambiental do município de Itaboraí através da produção de vídeos, o que permitiu uma *análise* detalhada das causas e consequências de problemas como a poluição, o desmatamento e a falta de saneamento básico.

Por fim, o estudo sobre o sistema sensorial (Bavaresco & Palcha, 2020) (S-39) destacou como a *análise* de dados pode servir como ferramenta de aprendizagem significativa. A pesquisa examinou registros escritos dos alunos, que participaram de atividades com plantas medicinais.

A *reflexão*, ou *reflexão cognitiva*, refere-se à capacidade de inibir uma resposta inicial impulsiva e ativar mecanismos que permitem uma tomada de decisão ou comportamento mais ponderado (Otero et al., 2024). Esse processo é fundamental para o desenvolvimento de uma compreensão mais profunda e crítica em contextos educacionais, estimulando os alunos a reavaliarem informações e situações com base em novas perspectivas.

Vários estudos demonstram a importância da *reflexão* em diferentes contextos de ensino. No estudo de Aragão et al. (2019) (S-25), por exemplo, a construção de uma estação de tratamento de água incentivou alunos do ensino fundamental a *refletirem* sobre o uso sustentável da água. Ao participarem ativamente da construção da estação, eles puderam observar na prática as etapas do tratamento, o que os levou a questionar seus próprios hábitos e a pensar em soluções para problemas cotidianos relacionados ao uso da água.

A *reflexão* também foi explorada em debates sobre temas como aborto e preconceito genético, no estudo de (Alves & Caldeira, 2005) (S-19). Esses debates desafiavam os alunos a considerarem diferentes perspectivas éticas e sociais relacionadas ao DNA e às implicações relacionadas, promovendo uma visão mais abrangente e sensível a dilemas éticos complexos. De forma semelhante, a leitura de *Frankenstein* e as discussões subsequentes, na sequência didática apresentada por Rodrigues e Massabni (2022) (S-33), incentivaram os alunos a refletirem sobre questões como ética científica, o método científico e os organismos

geneticamente modificados, demonstrando como obras literárias podem aprofundar a reflexão sobre temas atuais.

Outros estudos apontam para a importância do diálogo e da interação social na promoção da *reflexão*. Sinieghi e Barreto (2021) (S-12) destacam o uso da “rodinha de conversa” como espaço para estimular o pensamento reflexivo dos alunos, enquanto a utilização de uma questão sociocientífica contextualizada, conforme descrito no estudo de Santos et al. (2016) (S-47), incentivou os estudantes a refletirem sobre problemas locais, com a poluição das águas, ao integrar estratégias de pesquisa, interação social e discussão crítica.

O *raciocínio*, como um processo cognitivo fundamental, envolve o processamento e transformação de informações disponíveis para gerar inferências. O processo se baseia em ferramentas que representam um conjunto de processos mentais utilizados para transformar as informações e podem se beneficiar do conhecimento armazenado, como memórias, experiências e estruturas de conhecimento (Kurtz et al., 1999).

A pesquisa de Costa e Lorenzetti (2020) (S-5) demonstrou que o desenvolvimento do *raciocínio* está profundamente relacionado à construção de conceitos e à capacidade de análise crítica. Já as aulas de campo descritas por Silva e Campos (2018) (S-18) desafiaram os alunos a aplicar *raciocínio* para buscar explicações para fenômenos naturais observados. A questão levantada por um aluno sobre a vegetação em uma rocha, ao indagar sobre a presença de água naquele ambiente, exemplifica como o *raciocínio*, estimulado pela observação, contribui para a compreensão do mundo natural.

No estudo de Pereira et al. (2020) (S-28), focado em estratégias didático-pedagógicas para o ensino de genética, o *raciocínio* foi desenvolvido com a utilização de ferramentas como o “Modelo Tridimensional do DNA em Origami” (Sepel & Loreto, 2007) e o “Jogo do DNA” (Jann & Leite, 2010), facilitando a aprendizagem de temas complexos como estrutura do DNA, replicação, transcrição e tradução.

Os estudos analisados destacam como diferentes estratégias pedagógicas contribuem para o desenvolvimento da capacidade de *resolução de problemas*. Nesse processo, o problema é o ponto inicial para a construção do conhecimento, transformando o papel de alunos e professores na sala de aula. Essa abordagem favorece a compreensão, a investigação, a formulação de hipóteses e a busca por soluções como elementos centrais da aprendizagem (Lima, 2020).

A pesquisa de Anjos et al. (2021) (S-20), utilizando a Educação Científica Baseada em Projetos, mostrou que a busca de *resolução para problemas* reais, como a hipertensão, estimula o desenvolvimento de habilidades essenciais para resolver desafios complexos. Já o estudo de Bavaresco e Palcha (2020) (S-39) sobre o ensino investigativo do sistema sensorial demonstrou que a análise de dados coletados em atividades com plantas medicinais levou os alunos a *resolverem situações-problema* específicas.

O estudo de Freire et al. (2021) (S-13) também ilustra a competência *resolução de problemas*: ao serem desafiados a identificar corretamente as plantas coletadas em uma oficina, os alunos precisaram observar características morfológicas, comparar suas observações com guias de campo e chaves taxonômicas, e aplicar raciocínio lógico para classificar as plantas de forma

precisa, considerando diferenças nos níveis taxonômicos (espécie, gênero, família). No estudo de Rocha e Malheiro (2020) (S-31), a questão orientadora conduziu os estudantes à *resolução de problemas*, com proposições de respostas fundamentadas nas etapas da sequência.

A *tomada de decisão* é um processo cognitivo que envolve a avaliação de diversas alternativas e a escolha de um curso de ação específico (Santrock, 2014). O estudo sobre formação de professores de ciências para a alfabetização em nutrição (Fornazari & Obara, 2019) (S-2) demonstra como a participação ativa em oficinas pedagógicas, aliada à abordagem CTS/A, pode fomentar essa habilidade, incentivando *decisões* informadas sobre hábitos saudáveis. No trabalho de Araujo et al. (2021) (S-48), os estudantes exercitaram a *tomada de decisão* ao concluir pela não recomendação do uso de sementes transgênicas, aplicando critérios avaliativos para justificar sua escolha.

A *formulação de hipóteses* no ambiente escolar desempenha um papel decisivo na construção do conhecimento científico, pois permite que os alunos se envolvam ativamente na busca por explicações, testem suas ideias e tirem conclusões que podem confirmar, refutar ou levantar novas questões sobre suas hipóteses iniciais. Esse processo estimula o desenvolvimento de novos conhecimentos e a alfabetização científica (Sasseron & Carvalho, 2008; Silva & Lorenzetti, 2020).

Os estudos analisados demonstram que a *formulação de hipóteses* é um componente indispensável para o desenvolvimento do pensamento científico. As pesquisas que utilizam a *formulação de hipóteses* como ferramenta de aprendizagem mostram que o ato de formular perguntas e propor explicações sobre fenômenos observados engaja os alunos a buscar respostas e confrontar suas ideias iniciais com evidências.

Em estudos específicos, como o de Bender et al. (2020) (S-4), a reprodução do experimento de Francesco Redi permitiu que os alunos *formulassem hipóteses* sobre a origem das larvas ao comparar vidros fechados e abertos, observando o acesso das moscas. Em Aragão et al. (2019) (S-25), alunos do ensino fundamental construíram uma estação de tratamento de água em escala reduzida, incentivando a *formulação de hipóteses* sobre o funcionamento da estação de tratamento de água e o papel de cada componente no processo de filtragem. De forma semelhante, Martins e Oliveira (2021) (S-37) desafiaram estudantes a *formularem hipóteses* sobre a eficiência da fermentação alcoólica em diferentes temperaturas.

Em uma abordagem interdisciplinar, o estudo de Nascimento et al. (2017) (S-1) envolveu alunos na análise de dados de pacientes hipotéticos, levando-os a *formular hipóteses* sobre possíveis doenças. Bizotto (2021) (S-32) utilizou o cultivo de milho e feijão em diferentes condições de luminosidade para estimular a *formulação de hipóteses*, enquanto Marchão e Machado (2018) (S-9) desafiaram os estudantes a *levantarem hipóteses* sobre as necessidades das plantas para seu desenvolvimento, revisando essas hipóteses com base nas observações de experimentos na horta escolar.

Outros estudos reforçam a relevância desse processo. Em Oliveira et al. (2021) (S-16), alunos *levantaram hipóteses* sobre a presença de seres vivos em amostras e testaram suas ideias por meio de planejamento experimental. Silva e Campos (2018) (S-18) incentivaram a

formulação de hipóteses sobre a biodiversidade em diferentes locais durante uma aula de campo. Tognon e Oliveira (2021) (S-24) *levantaram hipóteses* sobre a influência da temperatura na germinação de sementes, enquanto Novo e Cavalcanti (2022) (S-26) investigaram a microbiologia, com estudantes *formulando hipóteses* sobre o crescimento de microrganismos em condições diversas.

Scarpa et al. (2017) (S-38) levaram os alunos a observarem e documentarem as relações ecológicas, incentivando a *formulação de hipóteses* sobre a interação entre organismos e ambientes. Em Bavaresco e Palcha (2020) (S-39), estudantes *levantaram hipóteses* sobre os sentidos utilizados para reconhecer plantas medicinais. Santana e Sedano (2021) (S-44) exploraram o impacto de diferentes líquidos em tipos variados de solo, com os alunos *formulando hipóteses* sobre a permeabilidade dos líquidos com base em suas observações e conhecimentos prévios.

Por fim, em estudos como Oliveira e Vasconcelos Filho (2022) (S-46), alunos analisaram hemogramas para *levantar hipóteses* diagnósticas a partir dos resultados. Mendes et al. (2022) (S-41) utilizaram a bioinformática para investigar Genética, onde alunos *formularam hipóteses* e interpretaram dados. No estudo de Brandão et al. (2021) (S-52), o uso do Método de Ensino Investigativo na abordagem da fotossíntese levou os alunos a *formularem hipóteses* e validar suas ideias com base em experimentos.

Habilidades Argumentativas

Jiménez-Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003) afirmam que na aula de Ciências, em sua maior parte, o ensino e a aprendizagem são realizados através da linguagem falada. Os autores enfatizam que a linguagem científica não tem apenas uma interpretação, de forma que possa assumir significados diferentes. Assim, a comunicação na aula de Ciências parte do pressuposto de que os alunos construam o conhecimento científico de maneira compartilhada, “[...] tanto nas dimensões cognitivas quanto nas sociais” (Jiménez-Aleixandre & Díaz de Bustamante, 2003, p. 360, tradução nossa). Ao considerar esses aspectos comunicativos, destaca-se o relacionado à aprendizagem das Ciências como argumentação (Driver et al., 2000; Kuhn, 1992, 1993).

Dessa forma, entende-se argumentação como uma prática humana (Driver et al., 2000), caracterizada pela “[...] capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou procedentes de outras fontes” (Jiménez-Aleixandre & Díaz de Bustamante, 2003, p. 360, tradução nossa). A partir disso, os autores sugerem que a análise do sistema de comunicação seja utilizada na pesquisa sobre a aprendizagem (ou não-aprendizagem) das Ciências e, dessa forma, também da Biologia.

A análise dos estudos demonstra a melhoria da argumentação dos estudantes. O trabalho de Bender et al. (2020) (S-4) apresenta indícios da melhoria da argumentação dos estudantes. A pesquisa relata a aplicação de atividades investigativas sobre a mosca da banana e sua relação com o processo de decomposição, em um experimento semelhante ao proposto por Francesco Redi, no século XVII, com uso da argumentação como uma ferramenta para construir respostas:

Os estudantes responderam que as larvas surgiram no vidro aberto, mas não no tampado devido a postura de ovos deixados pelas moscas e/ou outros insetos que entraram no mesmo. Pode-se perceber que alguns *usaram da argumentação para responder tal questão*, o que vai de encontro que o [estudante] relatou sobre as teorias da geração espontânea e da biogênese (Bender et al., 2020, p. 512, grifo nosso).

Assim, mesmo apresentando um indício de utilização, o estudo não analisa a estrutura e nem discute a progressão do argumento ao longo da atividade.

Costa e Lorenzetti (2020) (S-5) demonstram, com exemplos concretos, que os estudantes aperfeiçoaram suas habilidades argumentativas ao longo da atividade didática, utilizando o conhecimento científico como base para suas afirmações e proposições.

Na transcrição do diálogo sobre a problemática do lixo, seção “Alfabetização Científica Multidimensional”, subseção “1º Subcategoria – Relacionar e aplicar os conteúdos estudados anteriormente” (Costa & Lorenzetti, 2020, p. 34) (S-5), o estudante utiliza o conhecimento adquirido sobre reciclagem para argumentar que a reutilização do lixo na construção de um espantalho pode ser uma solução para o problema do descarte inadequado. Esse trecho evidencia a capacidade do aluno de mobilizar o conhecimento científico sobre reciclagem, conectar esse conhecimento a uma situação prática (construção de um espantalho) e propor uma solução para um problema real (descarte de lixo), de forma que há uma clara relação entre o conteúdo e a argumentação. Mesmo não analisando diretamente a qualidade e progressão da argumentação, a utilização das categorias de Alfabetização Científica fornece um indicativo indireto do desenvolvimento da capacidade argumentativa dos alunos, ainda que com limitações.

O estudo de Marchão e Machado (2018) (S-9), evidencia a melhoria da argumentação dos estudantes após a participação em uma intervenção pedagógica. Embora a pesquisa não apresente transcrições dos argumentos dos estudantes, ela descreve a mudança qualitativa observada em sua capacidade argumentativa:

[...] podemos concluir que as ações pedagógicas se mostraram um caminho possível para um processo de alfabetização científica, pois favoreceram não somente a apreensão de conhecimento científico teórico-experimental, mas também auxiliaram a melhorar a *capacidade de investigação e argumentação dos estudantes*, contribuindo para um posicionamento mais crítico dos participantes frente a determinados problemas cotidianos (Marchão & Machado, 2018, p. 147, grifo nosso).

Dessa forma, a pesquisa demonstra que a melhoria da argumentação está intrinsecamente ligada ao processo de alfabetização científica, capacitando os estudantes a se tornarem cidadãos mais críticos e participativos (Marchão & Machado, 2018) (S-9).

Yamada e Motokane (2013) (S-14) apresentam evidências de que a interação com o professor e com o material textual pode contribuir para a melhoria da argumentação dos estudantes. No trabalho, embora não forneça exemplos literais da produção textual dos alunos, há a descrição de como a apropriação do discurso da professora sobre a capacidade de fixação das raízes das plantas em diferentes tipos de solo permitiu aos alunos formularem explicações mais precisas e cientificamente válidas. De maneira semelhante, Almeida et al. (2022) (S-17) apresentam evidências de que a metodologia aplicada, utilizando textos científicos e

estratégias de leitura, favoreceu a capacidade argumentativa dos alunos. Para os autores, os estudantes apresentaram um conhecimento mais sólido e fundamentado sobre os conceitos ecológicos, evidenciando uma compreensão mais profunda e melhor capacidade de argumentação do tema.

Tognon e Oliveira (2021) (S-24) apresentam evidências qualitativas de que a participação em sequência de ensino investigativa contribuiu para a melhoria da argumentação de estudantes. Sua pesquisa analisa os relatórios e anotações produzidas pelos estudantes para identificar indícios de desenvolvimento da capacidade argumentativa. Os autores observam que os alunos, ao longo da sequência didática, foram capazes de elaborar argumentos mais complexos, à medida que os estudantes passaram a utilizar dados coletados durante os experimentos para sustentar suas afirmações e conclusões.

O trabalho de Souza et al. (2016) (S-45) indicou que a inclusão de textos científicos e atividades de pesquisa, proporcionou uma melhoria na capacidade de argumentação dos estudantes. Os autores analisaram as falas dos alunos durante e após as atividades, identificando elementos que indicam uma melhoria na argumentação, como o uso de termos científicos, a construção de relações entre diferentes conceitos e a apresentação de justificativas mais elaboradas.

Apesar de não ter como objetivo principal analisar a melhoria da argumentação, Scarpa et al. (2017) (S-38) investigaram a sua relação com a prática do Ensino de Ciências por Investigação em sala de aula. O estudo oferece exemplos concretos de como alunos constroem argumentos durante atividades investigativas: na elaboração de hipóteses, como um momento importante para a construção de argumentos; no confronto com dados, ao revisar suas hipóteses com os dados coletados; e ao construírem novos argumentos, a partir da reanálise dos dados. Embora o estudo apresente exemplos de construção de argumentos, ele não se aprofunda na análise da qualidade da argumentação, na utilização de evidências ou na estrutura dos argumentos.

No trabalho de Rocha e Malheiro (2020) (S-31), a sequência didática investigativa com escrever e desenhar evidenciou *argumentação* ancorada em dados e linguagem disciplinar: os estudantes justificaram relações tróficas e sustentaram conclusões com base em observações registradas.

A pesquisa de Lima et al. (2021) (S-22) demonstra uma evolução na argumentação dos estudantes após a aplicação de uma sequência de ensino investigativa sobre vacinas. As autoras analisaram como os alunos da 1ª série do Ensino Médio construíram argumentos nas aulas de Biologia, com base em uma metodologia que enfatizou o desenvolvimento de habilidades argumentativas.

Como evidência, o artigo destaca que os alunos conseguiram elaborar argumentos complexos utilizando elementos do modelo de Toulmin, incluindo dados, conclusões, garantias de inferência e refutações. Por exemplo, o argumento do aluno A12 (Lima et al., 2021) (S-22) inclui dado, conclusão e garantia de inferência, enquanto o argumento de A14 (Lima et al., 2021) (S-22) contém apenas dado e conclusão. A análise da presença desses elementos permite inferir a estrutura e a lógica dos argumentos, demonstrando que a capacidade dos

estudantes para estruturar argumentos de forma mais elaborada e consistente reflete um avanço na sua habilidade argumentativa.

Além disso, a pesquisa examina o conteúdo dos argumentos, que abordam temas como a influência da religião e da cultura, exemplificado pelo argumento de A12, que associa a recusa à vacinação ao conservadorismo religioso e cultural; desinformação e influência da internet, abordados por A14, que aponta a falta de conhecimento e a influência de informações distorcidas online como razões para a recusa vacinal; e, por fim, efeitos colaterais e medo, com discussões sobre a segurança das vacinas, os efeitos colaterais e o impacto do medo nas decisões sobre vacinação (Lima et al., 2021) (S-22).

O estudo de Pezarini e Maciel (2020) (S-51) apresenta evidências de que a aplicação do Modelo Didático Misto promoveu uma melhoria significativa na capacidade de argumentação dos estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental e da 3ª série do Ensino Médio.

Para avaliar a qualidade da argumentação, os pesquisadores utilizaram o sistema de classificação de Penha (2012). Os resultados mostram que, após a aplicação do Modelo Didático Misto, o Nível de Qualidade da Argumentação dos estudantes do 9º ano avançou do nível 1 para o nível 5, enquanto os alunos da 3ª série progrediram do nível 2 para o nível 5. Nas fases iniciais, os argumentos dos estudantes eram frequentemente superficiais e careciam de elementos essenciais, como dados, justificativas e garantias. Com a introdução do Modelo Didático Misto, os alunos começaram a construir argumentos mais completos e complexos, incluindo os seis elementos fundamentais: dados, justificativa, garantias, conclusão, apoio e qualificadores (Pezarini & Maciel, 2020) (S-51).

Os autores enfatizam que a capacidade de formular refutações é um indicador importante do desenvolvimento argumentativo. Nas fases iniciais do estudo, os alunos geralmente não elaboravam refutações para os seus argumentos; no entanto, após a aplicação do Modelo Didático Misto, eles passaram a incluir esse elemento, indicando um maior domínio da estrutura e da lógica argumentativa.

Por fim, segundo Pezarini e Maciel (2020) (S-51), a habilidade de integrar explicação e narração à argumentação é essencial para construir argumentos mais robustos e persuasivos. O Modelo Didático Misto, ao combinar o padrão de Toulmin com as sequências narrativa e explicativa de Bonini (2007), permitiu que os estudantes estabelecessem essa conexão, enriquecendo suas argumentações e aprimorando a clareza e a profundidade de seus pontos de vista.

Em alguns estudos, a argumentação é abordada de maneira a evidenciar o desenvolvimento de habilidades relacionadas à construção de argumentos e à alfabetização científica dos alunos, em temas de Biologia, ainda que, de forma indireta. Em alguns estudos, a argumentação dos estudantes é inferida a partir de indicadores de alfabetização científica, enquanto em outros é explicitamente incentivada por meio de atividades práticas e discussões em grupo.

O estudo de Marques e Xavier (2020) (S-10), que utiliza os indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008), Del Corso (2014), Pizarro e Lopes Junior (2016) e Silva (2015), observa que os alunos demonstram uma compreensão básica de

termos e conceitos científicos. Essa base permite que os estudantes articulem ideias e problematizem situações, o que sugere um desenvolvimento gradual da capacidade argumentativa. De maneira similar, mas em outro estudo, Marques e Xavier (2019) (S-15) empregando os mesmos indicadores, destaca evidências do desenvolvimento da argumentação científica ao mostrar que os alunos conseguem articular ideias, problematizar questões e formular argumentos.

Novo e Cavalcanti (2022) (S-26), ao descreverem uma sequência didática investigativa sobre microrganismos, observaram o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao fazer científico, bem como à capacidade argumentativa dos alunos. A pesquisa Moresco et al. (2017) (S-27), embora não analise diretamente a argumentação, destaca que a experimentação e a interação em grupo fomentam o envolvimento dos estudantes com a ciência.

Os trabalhos de Bizotto (2021) (S-32), Rodrigues e Massabni (2022) (S-33), Bavaresco e Palcha (2020) (S-39) e Mendes et al. (2022) (S-41) relatam contextos de aprendizagem onde a argumentação é incentivada por meio de atividades colaborativas e de análise crítica. O estudo de Bizotto (2021) (S-32), que aplica uma metodologia investigativa com uso de Tecnologias da Informação e Comunicação sobre o crescimento vegetal, observa que os alunos se engajam em discussões, compartilham observações, questionam informações e constroem argumentos em conjunto. A utilização do livro *Frankenstein* em uma sequência didática promove reflexões sobre ética, método científico e organismos geneticamente modificados, incentivando os alunos a participarem de debates e elaborarem argumentos sobre os limites éticos da pesquisa científica (Rodrigues & Massabni, 2022) (S-33). Da mesma forma, a pesquisa de Bavaresco e Palcha (2020) (S-39), que aborda o sistema sensorial por meio de uma sequência investigativa, destaca a participação ativa dos alunos na defesa de suas ideias com base em evidências. Já no estudo de Mendes et al. (2022) (S-41), os alunos comunicar suas conclusões após atividades realizadas com a plataforma OLATCG.

Em um contexto diferenciado, o estudo de Araujo et al. (2021) (S-48), que analisa o letramento científico em comunidades tradicionais, os autores identificam dificuldades argumentativas nos estudantes. Os estudantes também apresentaram dificuldades em justificar suas respostas, mas com progresso ao longo das atividades, na sequência didática voltada à Alfabetização Científica de crianças em processo de alfabetização da língua materna no trabalho de Viecheneski e Carletto (2013) (S-50).

Por fim, o estudo de Brandão et al. (2021) (S-52), descreve que a participação em experimentos levou os alunos a formular hipóteses, coletar dados, analisar resultados e construir conclusões fundamentadas sobre fotossíntese, desenvolvendo habilidades argumentativas ao longo do processo de investigação científica.

Síntese comparativa das habilidades por segmento educacional

Considerando os diferentes segmentos educacionais contemplados nos estudos mapeados, observa-se um movimento de ampliação tanto do espectro de habilidades cognitivas quanto da sofisticação com que são mobilizadas e analisadas (Tabela 6). Nos trabalhos com Educação

Infantil, a ênfase recai predominantemente sobre a *compreensão* de fenômenos biológicos e de vocabulário científico, por vezes articulada a manifestações iniciais de *pensamento crítico* e *reflexão* em contextos lúdicos e de observação de organismos. Nesse nível, as habilidades aparecem sobretudo como emergentes, associadas à apropriação de conceitos básicos e à leitura de situações concretas.

Nos anos iniciais do Ensino Fundamental, a *compreensão* permanece central, mas passa a ser articulada de forma mais explícita à *construção do conhecimento* e à *elaboração de hipóteses*, bem como a processos de *reflexão* sobre temas ambientais e sociais. As sequências didáticas desse segmento tendem a engajar os estudantes em projetos e atividades experimentais que requerem observação sistemática, explicitação de ideias prévias e reorganização conceitual, sugerindo um deslocamento de uma *compreensão* mais intuitiva para uma aprendizagem progressivamente mais *analítica* e autorregulada.

No Ensino Fundamental - Séries Finais, há um adensamento e diversificação das habilidades cognitivas mobilizadas: além da *compreensão* de conceitos e processos, os estudos destacam com maior frequência o *pensamento crítico*, a *análise* de dados e situações socioambientais, a *resolução de problemas* e a *construção do conhecimento* em contextos empíricos e de campo. A *formulação de hipóteses* torna-se eixo de várias intervenções, aproximando os estudantes de práticas próprias da investigação científica. Em muitos casos, a *argumentação* é estimulada em atividades coletivas e discussões, ainda que nem sempre analisada em profundidade, o que pode indicar um patamar intermediário de complexidade entre a mera participação em discussões e a análise formal da qualidade dos argumentos.

Já no Ensino Médio, a produção analisada amplia tanto o leque quanto a complexidade das habilidades cognitivas e argumentativas mobilizadas. Aqui, mantêm-se e se adensam habilidades como *compreensão*, *construção do conhecimento*, *pensamento crítico*, *análise*, *resolução de problemas*, *raciocínio* e *formulação de hipóteses*, frequentemente em contextos de maior densidade temática (Evolução, Genética, Ecologia, Microbiologia) e em temáticas sociocientíficas complexas, demandando elementos próprios de Alfabetização Biológica Multidimensional, mesmo que não explorada conceitualmente nos artigos. Além disso, aparecem de forma mais clara a *tomada de decisão* em situações avaliativas e controversas e estudos que analisam sistematicamente a *argumentação* científica: ora como indício qualitativo de avanço na participação dos estudantes, ora por meio de modelos analíticos mais robustos, como o padrão de Toulmin e a classificação de níveis de qualidade da argumentação de Penha. Esses trabalhos indicam um movimento de aprofundamento, em que a *argumentação* deixa de ser apenas um recurso discursivo desejável e passa a ser objeto de análise sistemática, com identificação de elementos estruturais e progressões em níveis de complexidade.

Tabela 6. Síntese das habilidades cognitivas e argumentativas mobilizadas nas sequências didáticas de Alfabetização Biológica, por nível de ensino

Nível de ensino	Foco predominante das SD	Habilidades cognitivas	Tratamento da argumentação	Referências
Educação Infantil	Observação de organismos e ciclos de vida.	Compreensão; indícios iniciais de pensamento crítico e reflexão	Não explicitada ou apenas sugerida em interações orais	Lopes et al., 2018 (S-3); Sinieghi & Barreto, 2021 (S-12); Xavier & Rodrigues, 2021 (S-8).
Ensino Fundamental - Séries Iniciais	Projetos e experimentação introdutória.	Compreensão; construção do conhecimento; formulação de hipóteses; reflexão	Contextos favoráveis à argumentação, sem análise sistemática	Aragão et al., 2019 (S-25); Damiano & Rezende, 2021 (S-6); Fabricio et al., 2020 (S-21); Lorenzon & Herrmann, 2020 (S-35); Oliveira et al., 2021 (S-16); Perez et al., 2015 (S-23); Rocha & Malheiro, 2020 (S-31); Santana & Sedano, 2021 (S-44); Santos et al., 2016 (S-47); Vasconcelos et al., 2022 (S-7); Viecheneski & Carletto, 2013 (S-50).
Ensino Fundamental - Séries Finais	Sequência didática investigativas e temas socioambientais.	Compreensão; construção do conhecimento; pensamento crítico; análise; resolução de problemas; formulação de hipóteses	Argumentação estimulada em atividades coletivas; poucos estudos com foco explícito	Bavaresco & Palcha, 2020 (S-39); Bender et al., 2020 (S-4); Bizotto, 2021 (S-32); Costa & Lorenzetti, 2020 (S-5); Fornazari & Obara, 2019 (S-2); Freire et al., 2021 (S-13); Marques & Xavier, 2019 (S-15); Marques & Xavier, 2020 (S-10); Moresco et al., 2017 (S-27); Pezarini & Maciel, 2020 (S-51); Rocha & Malheiro, 2020 (S-31); Sessa & Trivelato, 2017 (S-34); Silva & Campos, 2018 (S-18); Silva et al., 2021 (S-11); Vale et al., 2020 (S-42); Yamada & Motokane, 2013 (S-14).
Ensino Médio	Temas conceituais complexos e questões sociocientíficas.	Compreensão; construção do conhecimento; pensamento crítico; análise; raciocínio; resolução de problemas; tomada de decisão; formulação de hipóteses	Argumentação como objeto de análise; progressão da qualidade argumentativa	Almeida et al., 2022 (S-17); Alves & Caldeira, 2005 (S-19); Anjos et al., 2021 (S-20); Araujo et al., 2021 (S-48); Brandão et al., 2021 (S-52); Ferreira et al., 2012 (S-43); Fontes et al., 2022 (S-29); Imhof & Schroeder, 2016 (S-40); Karasek & Nobre, 2019 (S-36); Lima et al., 2021 (S-22); Marchão & Machado, 2018 (S-9); Martins & Oliveira, 2021 (S-37); Mendes et al., 2022 (S-41); Nascimento et al., 2017 (S-1); Novo & Cavalcanti, 2022 (S-26); Oliveira & Vasconcelos Filho, 2022 (S-46); Pezarini & Maciel, 2020 (S-51); Pereira et al., 2020 (S-28); Rodrigues & Massabni, 2022 (S-33); Rocha & Butnariu, 2021 (S-53); Scarpa et al., 2017 (S-38); Silva et al., 2022 (S-30); Souza et al., 2016 (S-45); Tognon & Oliveira, 2021 (S-24).

Limitações das evidências

O estudo de Nascimento et al. (2022) (S-49) descreve a implementação de uma Sequência Didática Investigativa sobre o meio ambiente, entretanto, não utiliza instrumentos específicos para avaliar a melhoria das habilidades dos estudantes de maneira sistemática e aprofundada, de forma a não fornecer dados quantitativos ou qualitativos sobre o desenvolvimento de habilidades cognitivas específicas.

Outro aspecto limitante é relativo à análise individual de cada habilidade cognitiva desenvolvida, pois estas não são aprofundadas. As informações fornecidas referem-se ao desenvolvimento de algumas habilidades, mas uma análise mais detalhada exigiria informações adicionais que não estão presentes nos trabalhos.

Implicações dos resultados para a prática e pesquisas futuras

Os resultados apresentados nesta revisão reforçam o papel essencial de uma Alfabetização Biológica que não apenas aborde os conceitos da Biologia, mas que também prepare os estudantes para interagir com questões sociais, éticas, políticas, tecnológicas e ambientais complexas, a partir do desenvolvimento de diversas habilidades cognitivas e argumentativa.

Para a prática pedagógica, destaca-se a importância de incluir a argumentação como um objetivo explícito nas sequências didáticas, favorecendo o desenvolvimento dos estudantes ao permitir que construam e articulem seus próprios argumentos científicos. A criação de atividades específicas voltadas para esse desenvolvimento possibilita que os alunos adquiram maior autonomia no aprendizado, com o desenvolvimento das habilidades cognitivas sobre temas complexos, como meio ambiente e saúde. Além disso, recomenda-se o uso de metodologias que fomentem a promoção da Alfabetização Biológica em níveis mais avançados.

Para pesquisas futuras, recomendamos que estudos incorporem abordagens de análise mais robustas, incluindo a definição da argumentação e de diferentes habilidades cognitivas, como objetivo das atividades; adotar métodos específicos para avaliar a qualidade dos argumentos, como a análise das justificativas, da estrutura e da capacidade de refutação dos estudantes; e, por fim, investiguem detalhadamente a aplicação prática das dimensões específicas e níveis da Alfabetização Biológica, avaliando criticamente a eficácia das estratégias pedagógicas adotadas em diferentes contextos educativos.

Conclusões

Esta revisão sistemática de literatura sobre a Alfabetização Biológica e Alfabetização Científica em Biologia em sequências didáticas no contexto da Educação Básica buscou identificar e analisar as produções acadêmicas brasileiras entre 2000 e 2022, com a intenção de mapear o estado atual dessa temática e fornecer direções para avanços no Ensino de Biologia. Partiu dos problemas de conhecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas e argumentativas.

As habilidades cognitivas promovidas nas sequências didáticas se concentram na compreensão conceitual dos temas biológicos e no uso de metodologias investigativas. Isso sugere que o desenvolvimento de habilidades cognitivas aplicadas, como a resolução de problemas e o pensamento crítico, merece maior atenção e inovação nas práticas educacionais.

Embora algumas atividades tenham tentado incluir práticas de argumentação, esta não se destaca como uma habilidade amplamente desenvolvida nas publicações analisadas. A argumentação é abordada pontualmente em alguns estudos, mas de maneira geral ainda não é uma competência plenamente integrada à Alfabetização Biológica no contexto escolar, o que limita o potencial de uma formação científica mais robusta e cidadã.

A revisão reafirma, portanto, a importância de ampliar a definição de Alfabetização Biológica, não apenas como um processo de apropriação conceitual, mas como um instrumento para a

formação de cidadãos críticos e conscientes das implicações biológicas em suas vidas e na sociedade. Este estudo contribui para o campo ao apontar a necessidade de futuras pesquisas focadas em práticas didáticas que integrem o Ensino de Biologia com demandas reais e complexas, e o desenvolvimento cognitivo e argumentativo, consolidando a Alfabetização Biológica como uma prioridade educacional no Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe do Setor de Periódicos, vinculado à Divisão de Apoio ao Leitor (DIALE) da Biblioteca Central (BICEN/UFS), pelo apoio na recuperação de literatura especializada, inclusive por meio da Rede COMUT (Comutação Bibliográfica), essencial à fundamentação deste artigo.

Referências

- Almeida, S. L. S. S. de, Araújo, M. F. F. de, & Silva, N. C. da. (2022). Aprender Ciências por meio de textos de divulgação científica: Estratégias contributivas para professores em formação sobre a construção de conceitos ambientais. *Educação & Formação*, 7, e8944.
<https://doi.org/10.25053/redufor.v7.e8944>
- Alves, S. B. F., & Caldeira, A. M. A. (2005). Biologia e ética: Um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do ensino médio frente ao tema genoma/DNA. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1), 12-23. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/10004>
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. W., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Rath, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Angelo, J. A. C., & Silva, A. C. T. (2023). Alfabetização biológica. In *Anais do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Realize Editora.
<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/93320>
- Angelo, J. A. C., Silva, A. C. T., & Motokane, M. T. (2025). Alfabetização Biológica: uma proposta de modelo com base em níveis e dimensões. *Investigações em Ensino de Ciências*, 30(3), 1-31.
<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2025v30n3p01>
- Anjos, J. A. L. dos, Silva, J. M. da, & Anjos, M. M. R. dos. (2021). Contribuições de uma proposta didática na perspectiva da educação científica baseada em projeto, a partir da temática da hipertensão arterial. *Experiências em Ensino de Ciências*, 16(2), 52-75.
<https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/914>
- Aragão, A. A. da S., Silva, J. J. J. da, & Mendes, M. de S. (2019). Ensino de ciências por investigação: O aluno como protagonista do conhecimento. *Revista Vivências em Ensino de Ciências*, 4(3), 75-84.
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/vivencias/issue/viewFile/2877/225#page=75>
- Araújo, G. M., Baptista, G. S. C., & Cunha, C. (2021). Sequência didática e comunidades tradicionais: Análise do letramento científico crítico. *ODEERE*, 6(2), 116-133.
<https://doi.org/10.22481/odeere.v6i01.9790>
- Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017). Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17, 579-619.
<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579>
- Bavaresco, J., & Palcha, L. S. (2020). O sistema sensorial em aulas de Ciências por investigação: Efeitos de sentido em análise. *Revista Contexto & Educação*, 35(110), 274-292.
<https://doi.org/10.21527/2179-1309.2020.110.274-292>

- Bender, D. D. B. B., Joras, L. E., Candito, V., & Schetinger, M. R. C. (2020). A origem da vida através da experimentação como instrumento didático no ensino de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(3), 503-516. <https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/803>
- Biological Sciences Curriculum Study. (1993). *Developing biological literacy: A guide to developing secondary and post-secondary biology curricula*. Kendall Hunt Publishing.
- Bizotto, F. M. (2021). Florescer científico: Relato de experiência de uma prática investigativa para estudo do crescimento vegetal na Educação de Jovens e Adultos (EJA). *Experiências em Ensino de Ciências*, 16(2), 584-599. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/942>
- Bonini, A. (2007). A noção de sequência textual na análise pragmático-textual de Jean-Michel Adam. In A. Bonini, J. L. Meurer, & D. Motta-Roth (Eds.), *Gêneros: teorias, métodos, debates* (pp. 208-236). Parábola Editorial.
- Brandão, A. C. L., Fernandes, S. D. da C., & Delgado, M. N. (2021). Uso de métodos de ensino investigativo na abordagem da fotossíntese no ensino médio. *Revista Eixo*, 10(2), 37-47. <https://doi.org/10.19123/eixo.v10i2.863>
- Bybee, R. W. (1995). Achieving scientific literacy. *The Science Teacher*, 62(7), 28-33.
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: Uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 23(22), 89-100. <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf>
- Cleland, C. E. (2020). Is it possible to scientifically reconstruct the history of life on earth? In *Philosophy of science for biologists* (pp. 193-215). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108648981.011>
- Costa, E. M., & Lorenzetti, L. (2020). A promoção da alfabetização científica nos anos finais do ensino fundamental por meio de uma sequência didática sobre crustáceos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 3(1), 11-47. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v3i1.10006>
- Damiano, M., & Rezende, M. O. de O. (2021). A transversalidade das ciências ambientais na alfabetização científica: O aluno como protagonista na construção do conhecimento. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 57302-57313. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-231>
- Del Corso, T. M. (2014). *Indicadores de alfabetização científica, argumentos e explicações - Análise de relatórios no contexto de uma sequência de ensino investigativo* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.81.2014.tde-26032015-143010>
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Fabricio, L., Lorenzetti, L., & Martins, A. A. (2020). Contribuições de uma sequência didática para a promoção da alfabetização científica nos anos iniciais. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(3), 296-312. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i3.10239>
- Ferreira, S. B. da C., Messeder, J. C., & Maia, E. D. (2012). Percepção da realidade socioambiental do município de Itaborai: Promovendo uma abordagem CTS. *Ensino, Saude e Ambiente*, 5(2), 149-159. <https://doi.org/10.22409/resa2012.v5i2.a21078>
- Fontes, L. S., Lima, M. F., & Sobral, A. da C. S. (2022). Estudo sobre o uso de metodologia ativa no Ensino de Biologia: Um estudo de caso sobre a temática evolução. *Educação, Ciência e Saúde*, 8(2), 183-200. <https://doi.org/10.20438/ecs.v8i2.402>
- Fornazari, V. B. R., & Obara, A. T. (2019). A formação inicial de professores de ciências para a promoção da alfabetização em nutrição no ensino fundamental II: Possibilidades e limites. *Ensino, Saude e Ambiente*, 12(2), 156-185. <https://doi.org/10.22409/resa2019.v12i2.a21614>
- Freire, G. da S., Bandeira, R. P. C., & Araujo, Y. L. F. M. de. (2021). Alfabetização científica para o ensino de botânica através da criação de um mini-herbário. *HOLOS*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.15628/holos.2021.5641>
- Galvão, T. F., Tiguman, G. M. B., & Sarkis-Onofre, R. (2022). A declaração PRISMA 2020 em português: Recomendações atualizadas para o relato de revisões sistemáticas. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 31(2). <https://doi.org/10.1590/ss2237-9622202200011>

- Gusenbauer, M. (2019). Google Scholar to overshadow them all? Comparing the sizes of 12 academic search engines and bibliographic databases. *Scientometrics*, 118(1), 177-214. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2958-5>
- Harzing, A.-W. (2007). *Publish or perish*. <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Imhof, A. M. Q., & Schroeder, E. (2016). O tema sexualidade humana no ensino médio: As ilhas interdisciplinares de racionalidade como metodologia em aulas de biologia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 9(1), 277-300. <https://doi.org/10.3895/rbect.v9n1.2054>
- Jann, P. N., & Leite, M. de F. (2010). Jogo do DNA: Um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. *Ciências & Cognição*, 15(1), 282-293.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Karasek, J., & Nobre, S. B. (2019). O ensino da biologia celular na perspectiva da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). *Revista Pesquisa em Foco*, 24(2), 15-24. <https://doi.org/10.18817/pef.v24i2.2112>
- Kloser, M. (2012). A place for the nature of biology in biology education. *Electronic Journal of Science Education*, 16(1), 1-18.
- Krasilchik, M. (2019). *Prática de ensino de biologia* (4a ed.). Edusp.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-179. <https://doi.org/10.17763/haer.62.2.9r424r0113t670l1>
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770306>
- Kurtz, K. J., Gentner, D., & Gunn, V. (1999). Reasoning. In B. M. Bly & D. E. Rumelhart (Eds.), *Cognitive science* (pp. 145-200). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012601730-4/50006-8>
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)
- Lima, G. P., Silva, A. C. T. e, & Souza, D. do N. (2021). Controvérsias sobre vacinas: O que pensam os estudantes? *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(2). <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i2.11487>
- Lima, S. M. (2020). A perspectiva metodológica da resolução de problemas. In S. M. Lima (Ed.), *Práticas pedagógicas de professores no ensino de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental e a resolução de problemas* (pp. 53-104). Oficina Universitária. <https://doi.org/10.36311/2020.978-65-5954-011-2>
- Lopes, T. G. G., Presuto, G. M., Polizel, R. F. L., & Marques, R. N. (2018). A observação de joaninhas [Harmonia axyridis (Pallas, 1773), Coleoptera, Coccinellidae] como ferramenta de alfabetização científica em uma escola de educação infantil. *Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio*, 11(2), 20-33. <https://doi.org/10.46667/renbio.v11i2.132>
- Lorenzon, M., & Herrmann, S. (2020). Investigar na educação básica: Caminhos para o desenvolvimento da alfabetização científica. *Revista Signos*, 41(1), 18-36. <https://doi.org/10.22410/issn.1983-0378.v41i1a2020.2542>
- Marchão, M. da S. G., & Machado, P. F. L. (2018). Alfabetização científica na horta: Investigando a nutrição vegetal e o fluxo da energia solar com alunos do ensino médio. *Indagatio Didactica*, 10(2), 133-150.
- Marques, R., & Xavier, C. R. (2019). Análise da alfabetização científica de estudantes numa sequência didática de educação ambiental no ensino de ciências. *Brazilian Journal of Development*, 5(4), 2595-2612. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n4-1339>
- Marques, R., & Xavier, C. R. (2020). Alfabetização científica no ensino de ciências: Numa sequência didática sobre a pegada ecológica do lixo. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(2), 84-106. <https://doi.org/10.26843/rencima.v11i2.2504>

- Martins, D. C., & Oliveira, S. G. T. de. (2021). O ensino de ciências por investigação como estratégia para a promoção da alfabetização científica acerca da fermentação alcoólica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 16(1), 427-438. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/811>
- Mayr, E. (1996). The autonomy of biology: The position of biology among the sciences. *The Quarterly Review of Biology*, 71(1), 97-106. <https://doi.org/10.2307/3037832>
- Mayr, E. (2005). *Biologia, ciência única*. Companhia das Letras.
- Mendes, A. C. de O., Silva, A. P. da, Barbosa, L. M. V., & Oliveira, M. de F. A. de. (2022). OLATCG: Ferramenta de bioinformática para o ensino de genética no ensino médio. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 10(3), 1-22. <https://doi.org/10.26571/reamec.v10i3.13954>
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29-48.
- Moresco, T. R., Barbosa, N. V., & Rocha, J. B. T. da. (2017). Ensino de microbiologia e a experimentação no ensino fundamental. *Revista Contexto & Educação*, 32(103), 165. <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2017.103.165-190>
- Nascimento, A. P., Cegolin, B. M., Santos, C. L. dos, & Ghilardi-Lopes, N. P. (2017). A construção de uma sequência didática investigativa com o tema 'saúde': Um relato do PIBID-Biologia da UFABC. *Crítica Educativa*, 3(2), 727. <https://doi.org/10.22476/revcted.v3i2.118>
- Nascimento, T. dos S., Veras, K. M., & Farias, I. M. S. de. (2022). Sequência didática investigativa para o ensino de ciências no pós-pandemia. *Revista Epistemologia e Práxis Educativa-EPEduc*, 5(3), 1-16. <https://doi.org/10.26694/epeduc.v5i3.3735>
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Expanded Edition). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9853>
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2009). Scientific literacy. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *The Cambridge handbook of literacy* (pp. 271-285). Cambridge University Press.
- Novo, J. M. M., & Cavalcanti, D. P. (2022). Ensino de microbiologia com materiais de baixo custo e fácil acesso: Uma sequência didática voltada a alunos do ensino médio. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 13(2), 1-25. <https://doi.org/10.26843/rencima.v13n2a03>
- Oliveira, D. R. F. de, & Vasconcelos Filho, S. D. de. (2022). Projetos didáticos em um cenário pandêmico: Análise de hemogramas para a aprendizagem de conteúdos de biologia e saúde. *Revista Prática Docente*, 7(3), e22076. <https://doi.org/10.23926/RPD.2022.v7.n3.e22076.id1603>
- Oliveira, T. L. S. de, Freire, C. C., Pereira, M., & Motokane, M. T. (2021). Análise dos propósitos e ações epistemológicas do professor durante a realização de uma atividade investigativa sobre seres vivos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 6(1), 643-655. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/827>
- Onel, A., & Durdukoca, S. F. (2019). Identifying the predictive power of biological literacy and attitudes toward biology in academic achievement in high school students. *International Online Journal of Educational Sciences*, 11(2), 214-228. <https://doi.org/10.15345/ijoes.2019.02.014>
- Otero, I., Martínez, A., Cuadrado, D., Lado, M., Moscoso, S., & Salgado, J. F. (2024). Sex differences in cognitive reflection: A meta-analysis. *Journal of Intelligence*, 12(4), 39. <https://doi.org/10.3390/jintelligence12040039>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Penha, S. P. da. (2012). *Atividades sociocientíficas em sala de aula de física: As argumentações dos estudantes* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.81.2012.tde-25022013-125318>

- Pereira, S. de S., Cunha, J. S. da, & Lima, E. M. de. (2020). Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de genética. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(1), 41-59. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.IENCI2020V25N1P41>
- Perez, C. P., Andrade, L. C. de, & Rodrigues, M. F. (2015). Desvendando as geociências: Alfabetização científica em oficinas didáticas para o ensino fundamental em Porto Velho, Rondônia. *Terrae Didactica*, 11(1), 42-51. <https://doi.org/10.20396/td.v11i1.8637309>
- Pezarini, A. R., & Maciel, M. D. (2020). Um modelo didático misto para a argumentação no ensino de ciências e biologia: Para além das tendenciosidades. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(3), 342-361. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i3.10800>
- Pizarro, M. V., & Lopes Junior, J. (2016). Indicadores de alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de ciências nos anos iniciais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20(1), 208. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v20n1p208>
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. A. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Routledge.
- Roberts, D. A. (2010). Competing visions of scientific literacy: The influence of a science curriculum policy image. In C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Ericksen, & A. MacKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11-27). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203843284>
- Rocha, C. J. T. da, & Malheiro, J. M. da S. (2020). Experimentação investigativa e interdisciplinaridade como promotora da escrita e desenho no ensino de ciências. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(6), 409-426. <https://doi.org/10.26843/rencima.v11i6.1950>
- Rocha, E. G., & Butnariu, A. R. (2021). Vilões ou mocinhos? Sequência didática como mecanismo facilitador da aprendizagem sobre os artrópodes no ensino de biologia. *Revista Docentes*, 6(14), 31-41.
- Rodrigues, R. M., & Massabni, V. G. (2022). Frankenstein: Leituras de ficção científica em aulas de biologia. *Experiências em Ensino de Ciências*, 17(3), 318-335. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1083>
- Santana, U. D. S., & Sedano, L. (2021). Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: Contribuições necessárias para a alfabetização científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(2), 378. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p378>
- Santos, J. C., Conrado, D. M., & Nunes-Neto, N. F. (2016). Questões sociocientíficas no ensino fundamental de ciências: Uma experiência com poluição de águas. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1051-1067. <https://doi.org/10.34624/id.v8i1.3657>
- Santrock, J. W. (2014). *Adolescência*. Artmed.
- Sasseron, L. H. (2008). *Alfabetização científica no ensino fundamental: Estrutura e indicadores deste processo em sala de aula* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23816.32001>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333-352. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/445/>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246>
- Scarpa, D. L., Sasseron, L. H., & Silva, M. B. e. (2017). O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. *Tópicos Educacionais*, 23(1), 7-27. <https://doi.org/10.51359/2448-0215.2017.230486>
- Semilarski, H. (2022). *An assessment of biology learning and an evaluation of biology self-perceptions by upper secondary school students related to biological literacy* [Tese de Doutorado, Universidade de Tartu].

- Semilarski, H., & Laius, A. (2021). Exploring biological literacy: A systematic literature review of biological literacy. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1181-1197. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1181>
- Sepel, L. M. N., & Loreto, E. L. S. (2007). Estrutura do DNA em origami: Possibilidades didáticas. *Genética na Escola*, 2(1), 3-5. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2007.32>
- Sessa, P., & Trivelato, S. L. F. (2017). Interações dialógicas no ensino de biologia: Modos semióticos e o processo de construção de significados nas atividades de campo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 173-195. https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_2_1_ex1031.pdf
- Silva, A. C. A., Ferreira, L. de A., Sousa, P. S. de A., & Alvarenga, E. M. (2022). Experimentação investigativa como prática de ensino em aulas de biologia no ensino médio integrado. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 12(1), 1-17. <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/6187>
- Silva, D. E. L., Reis Junior, N. J. da S., Rêgo, J. R. S. do, & Cruz Junior, F. M. da. (2021). Alfabetização científica nos anos finais do ensino fundamental: Fermentação do leite como meio de ensino em ciências. *Scientia Naturalis*, 3(5), 2186. <https://doi.org/10.29327/269504.3.5-14>
- Silva, M. S. da, & Campos, C. R. P. (2018). Aulas de campo para a alfabetização científica: Uma intervenção pedagógica no Parque Estadual da Fonte Grande (Vitória/ES). *Imagens da Educação*, 8(2), e41740. <https://doi.org/10.4025/imagenseduc.v8i2.41740>
- Silva, V. R. da, & Lorenzetti, L. (2020). A alfabetização científica nos anos iniciais: Os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. *Educação e Pesquisa*, 46(e222995), 1-21. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634202046222995>
- Silva, M. B. e. (2015). *A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.48.2015.tde-20052015-100507>
- Silva, M. B. e, & Sasserone, 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. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Sinięhi, A. L. M. L., & Barreto, M. A. M. (2021). Alfabetização científica para crianças da educação infantil: Reflexões sobre uma prática pedagógica. *ACTIO: Docência em Ciências*, 6(2), 1. <https://doi.org/10.3895/actio.v6n2.13253>
- Souza, T. T. de, Marchi, M. I., & Strohschoen, A. A. G. (2016). Professores de biologia e a busca por práticas pedagógicas voltadas ao letramento científico: Uso de texto de divulgação científica. *Caderno Pedagógico*, 13(1), 24-40. <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/1317>
- Tognon, M. E., & Oliveira, P. C. de. (2021). Ensino de botânica por investigação: Promovendo a alfabetização científica no ensino médio. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(1), 1-23. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i1.11276>
- Uno, G. E., & Bybee, R. W. (1994). Understanding the dimensions of biological literacy. *BioScience*, 44(8), 553-557. <https://doi.org/10.2307/1312283>
- Vale, R. F., Coelho, G. T. da C. P., & Venuto, M. L. (2020). Os (multi) letramentos e a interdisciplinaridade no ensino de microbiologia. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 3(5), 456-469. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i5.11904>
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education*, 30(3), 557-587. <https://doi.org/10.1007/s1191-021-00205-2>
- Vasconcelos, E. S., Guimaraes Junior, J. C., Santos, M. A. dos, Braga, F. C., Alencar, K. R. A. de, Santos, J. D. F. dos, Oliveira, H. de, Silva, S. L. C. e, & Vieira, F. B. (2022). Alfabetização científica a partir da teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin em atividades de situações problema do tema seres vivos em uma turma do 2º ano do ensino fundamental. *Research, Society and Development*, 11(9), 1-14. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31645>

- Viecheneski, J. P., & Carletto, M. R. (2013). Sequência didática para o ensino de ciências nos anos iniciais: Subsídios para iniciação à alfabetização científica. *Revista Dynamis*, 19(1), 3-16.
<https://doi.org/10.7867/1982-4866.2013v19n1p3-16>
- Xavier, M. F., & Rodrigues, P. A. A. (2021). Alfabetização científica e inclusão educacional: Ensino de ciências para alunos com Transtorno do Espectro Autista. *Cadernos do Aplicação*, 34(2), 211-220.
- Yamada, M., & Motokane, M. T. (2013). Alfabetização científica: Apropriações discursivas no desenvolvimento da escrita de alunos em aula de ecologia. *Revista Praxis*, 5(10), 29-40.
<https://doi.org/10.25119/praxis-5-10-581>
- Zabala, A. (2014). *A prática educativa: Como ensinar*. Penso.