

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

CONHECIMENTO CIENTÍFICO DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Maria Inês Gasparetto Higuchi, Genoveva Chagas de Azevedo, Adriano José Nogueira Lima,
Valdiek da Silva Menezes, Niro Higuchi

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.13555>

Submetido em: 2025-10-02

Postado em: 2025-11-25 (versão 2)

(AAAA-MM-DD)

Justificativa da versão: Ajustamento de normas e refinamento das considerações finais

ARTIGO

CONHECIMENTO CIENTÍFICO DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

MARIA INÊS GASPARETTO HIGUCHI¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6525-4018>
<higuchi.mig@gmail.com>

GENOVEVA CHAGAS DE AZEVEDO¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3060-7167>
<genopanl@gmail.com>

ADRIANO JOSÉ NOGUEIRA LIMA²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7865-2410>
<adrianolmf@gmail.com>

VALDIEK DA SILVA MENEZES²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7362-9331>
<valdiek.menezes@gmail.com>

NIRO HIGUCHI²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1203-4502>
<higuchi.niro@gmail.com>

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Laboratório de Psicologia e Educação Ambiental. Manaus, AM, Brasil.

² Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Laboratório de Manejo Florestal. Manaus, AM, Brasil.

RESUMO: O enfrentamento da mudança climática (MC) exige não apenas ações políticas e tecnológicas, mas também o desenvolvimento de conhecimentos científicos que influenciem comportamentos individuais e coletivos. Este estudo investigou o nível de compreensão científica sobre MC entre 792 estudantes do último ano do ensino fundamental, provenientes de 15 escolas públicas em oito municípios do estado do Amazonas. Foi aplicado um survey contendo questões sociodemográficas e oito afirmativas sobre conceitos básicos relacionados à MC, classificadas como verdadeiras ou falsas pelos participantes. Os resultados das análises psicométricas revelaram domínio moderado permeado com incertezas tanto na dimensão factual ou conceitual de tópicos como efeito estufa e fotossíntese, além de fragilidades na compreensão de conceitos como clima e gases de efeito estufa. A elevada concordância com afirmações incorretas revelou a persistência de mitos e concepções alternativas. Embora a maioria das afirmativas tenha apresentado bom poder discriminativo, a consistência interna das dimensões foi baixa. Não foram encontradas associações significativas entre o desempenho e variáveis como sexo, idade, localidade ou renda familiar. Os achados evidenciam o desafio de promover um letramento científico contextualizado e significativo, capaz de fomentar não apenas a compreensão conceitual, mas também o pensamento crítico e o engajamento dos estudantes em prol da justiça climática e da consciência ambiental.

Palavras-chave: mudança climática, conhecimento científico, ensino fundamental, letramento científico, educação ambiental.

SCIENTIFIC KNOWLEDGE OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS ABOUT CLIMATE CHANGE: IMPLICATIONS FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION

ABSTRACT: Addressing climate change (CC) requires not only political and technological actions but also the development of scientific knowledge that influences individual and collective behavior. This study investigated the level of scientific understanding of CC among 792 final-year elementary school students from 15 public schools in eight municipalities in the state of Amazonas, Brazil. A survey was conducted including sociodemographic questions and eight statements classified as true or false by participants. Psychometric analyses were applied, including item difficulty, discrimination index, point-biserial correlation, t-test for extreme groups, and Categorical Principal Component Analysis (CATPCA). The results of the psychometric analyses revealed moderate mastery permeated with uncertainties in both the factual and conceptual dimensions of topics such as the greenhouse effect and photosynthesis, in addition to weaknesses in the understanding of concepts such as climate and greenhouse gases. High agreement with incorrect statements indicated persistent misconceptions. Most items showed satisfactory discriminative power, although internal consistency was low. No significant associations were found between performance and variables such as gender, age, location, or family income. The findings highlight the challenge of promoting contextualized and meaningful scientific literacy capable of fostering not only conceptual understanding but also critical thinking and student engagement in pursuit of climate justice and environmental awareness.

Keywords: Climate Change; Scientific Knowledge; Elementary Education; Scientific Literacy; Environmental Education.

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DE LOS ESTUDIANTES DE PRIMARIA SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO: IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

RESUMEN: El enfrentamiento al cambio climático (CC) requiere no solo acciones políticas y tecnológicas, sino también el desarrollo de conocimientos científicos que influyan en los comportamientos individuales y colectivos. Este estudio investigó el nivel de comprensión científica sobre el CC entre 792 estudiantes del último año de la educación básica, provenientes de 15 escuelas públicas en ocho municipios del estado de Amazonas, Brasil. Se aplicó una encuesta que incluyó preguntas sociodemográficas y ocho afirmaciones clasificadas como verdaderas o falsas por los participantes, seguidas de análisis psicométricos. Los resultados de los análisis psicométricos revelaron un dominio moderado permeado de incertidumbres tanto en la dimensión fáctica como conceptual de temas como el efecto invernadero y la fotosíntesis, además de debilidades en la comprensión de conceptos como el clima y los gases de efecto invernadero. La alta concordancia con afirmaciones incorrectas indicó la persistencia de mitos y concepciones alternativas. La mayoría de las afirmaciones presentó buen poder discriminativo, aunque la consistencia interna de las dimensiones fue baja. No se encontraron asociaciones significativas entre el desempeño y variables como sexo, edad, localidad o ingreso familiar. Los hallazgos evidencian el desafío de promover una alfabetización científica contextualizada y significativa, capaz de fomentar no solo la comprensión conceptual, sino también el pensamiento crítico y el compromiso estudiantil en favor de la justicia climática y la conciencia ambiental.

Palabras clave: Cambio Climático; Conocimiento Científico; Educación Primaria; Alfabetización Científica; Educación Ambiental.

INTRODUÇÃO

A mudança climática (MC) tornou-se uma das questões mais preocupantes das últimas décadas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2007), a MC contemporânea caracteriza-se por alterações de longo prazo nos padrões de temperatura e clima da Terra, causadas principalmente por atividades humanas, como o uso de combustíveis fósseis, desmatamento e agricultura intensiva (IPCC, 2021). Essas atividades emitem grandes concentrações de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), que contribuem para o aumento da temperatura média da superfície terrestre (Richter, De Lara & Andreazza, 2021). Esse aquecimento tem sido identificado como o principal motor da MC, cujas consequências ameaçam tanto a biodiversidade quanto a sobrevivência humana (IPCC, 2007; 2021).

Em 2023, as emissões brutas de GEE no Brasil totalizaram 2,3 GtCO₂e, sendo 46% atribuídas às mudanças de uso da terra, com destaque para o setor agropecuário como principal emissor. O país ocupa a quinta posição entre os maiores emissores globais, com 1,04 GtCO₂e provenientes apenas do desmatamento, representando 65% do total. A Amazônia respondeu por 91% das emissões por incêndios em vegetação nativa, impulsionadas pelo avanço da pecuária e pela extração ilegal de madeira (BRASIL, 2022; Saraiva, 2023). Para enfrentar essa situação crítica, o Observatório do Clima propôs uma segunda Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), com a meta de reduzir as emissões líquidas em 92% até 2035 (Tsai et al., 2024), uma proposta ousada, porém urgente.

Os impactos da MC já são evidentes no Brasil, especialmente na Amazônia, onde eventos extremos têm se intensificado. Entre 1985 e 2022, a retração de 5,5% das águas na Bacia Amazônica afetou gravemente a fauna aquática, resultando na morte de centenas de botos-vermelhos e tucuxis (Agência Senado, 2023). Segundo Zogahib et al., (2024) essas secas prolongadas têm causado perdas na biodiversidade, redução da produção agrícola e pesqueira, além de problemas de saúde e segurança alimentar para populações vulneráveis, como comunidades ribeirinhas, indígenas e quilombolas. As queimadas, agravadas pelo fenômeno El Niño, geraram fumaça densa que se espalhou até a região Sul do país, comprometendo a qualidade do ar e aumentando os casos de doenças respiratórias (Alencar, Arruda & Martenexen et al., 2024). Esses eventos evidenciam a urgência de políticas públicas eficazes, fiscalização ambiental rigorosa e maior participação da sociedade.

Apesar dos alertas de cientistas e ambientalistas, persistem barreiras comportamentais que dificultam o enfrentamento da MC, resultando em baixo comprometimento com ações necessárias (Gifford, 2011; Lacroix, Gifford & Chen, 2019). Entre essas barreiras, destaca-se o conhecimento científico sobre MC e todos os demais conceitos físicos e meteorológicos envolvidos. Nesse sentido, é necessário saber sobre a atmosfera, o efeito estufa, quais os tipos de emissões de gases de efeito estufa e fatores para suas mitigações, o que são eventos extremos. É necessário, sobretudo, entender a diferença entre problema climático de outros problemas ambientais, por isso saber diferenciar tempo e clima é fundamental. A MC é marcada por incertezas científicas e estudos que, muitas vezes, omitem intervalos de confiança, dificultando a compreensão pública (Hayes, Gabbatiss & Butler, 2025). Além disso, por ser percebida como intangível e abstrata, a MC passa a ser questionada por boa parte da sociedade (Niles & Mueller, 2016). Assim, o conhecimento científico emerge como uma meta urgente para fomentar comportamentos ambientalmente responsáveis.

A preocupação com o conhecimento científico sobre MC ganhou destaque na agenda da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A meta 4.7 estabelece que, até 2030, todos os alunos devem adquirir conhecimentos e habilidades para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive por meio da educação ambiental (United Nations, 2015). Diversas iniciativas têm buscado disseminar esse conhecimento, como a da APA (2022) e do IPCC (2021), embora ainda sejam tímidas no contexto escolar.

No Brasil, destacam-se iniciativas como o Centro de Pesquisa em Dinâmica da Biodiversidade e Mudanças do Clima (CBioClima), a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima) e a rede "Organizações Parceiras pela Integridade da Informação sobre Mudança do Clima", que reúne ministérios, Unesco e sociedade civil (CBioClima; MCTI; UNESCO). Para que essas propostas sejam efetivas, é essencial mobilizar a sociedade no sentido de compreender sobre as definições científicas que os cientistas apresentam. Embora o conhecimento não seja suficiente por si só, é necessário para que haja um consenso do que estamos nos referindo. Por ser um tema em destaque, há inúmeros meios de comunicação que dedicam a disseminar do que se trata a MC. No entanto, nem todos podem ser considerados fontes confiáveis.

A escola, nesse sentido, se alimenta dessas fontes, sobretudo, aquelas que deveriam dar a segurança das definições propostas pelos cientistas que se ocupam em estudar esse evento planetário. Entende-se que escola é o espaço privilegiado para problematização dos conceitos e definições a fim de o fortalecimento da cidadania e sustentabilidade (Alves & Amoroso, 2023). Note-se, no entanto, que cada nível da educação possui um apanhado diferenciado sobre os temas ambientais considerando-se a capacidade cognitiva dos estudantes e a coerência curricular proposta.

No Brasil temos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que estabelece diretrizes para o ensino de MC nas séries finais do ensino fundamental, nas disciplinas de Ciências e Geografia, no sentido de apresentar as causas, consequências, mitigação e práticas de preservação ambiental (BRASIL, 2018). No Amazonas, tem-se o Referencial Curricular Amazonense (RCA) propõe uma abordagem contextualizada, com foco na realidade regional e no desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes (SEDUC, 2020). Diante destas diretrizes, presume-se que, ao final do ciclo, os alunos tenham adquirido conhecimento científico razoável sobre MC e iniciado um despertar da consciência ambiental.

Diante disso, este estudo teve como objetivo principal verificar o conhecimento científico de alunos do último ano do ensino fundamental II sobre MC no estado do Amazonas, maior unidade federativa brasileira inserida no bioma da Amazônia. Este estudo é relevante na medida em que essa região apresenta altas emissões de GEE, especialmente CO₂ proveniente de queimadas, além de alterações preocupantes nos ecossistemas. Promover uma educação comprometida com o tema, suas causas e consequências, e com capacidade crítica para agir de forma sustentável, é um passo essencial para enfrentar a MC.

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO COMO DIMENSÃO AUXILIAR NA FORMAÇÃO DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL

Grande parte da capacidade de tomar decisões e agir de forma sustentável está relacionada ao nível de conhecimento científico que o indivíduo possui (Al-Homaidi & Al-Dagashi, 2021; Lange, 2012). Em outras palavras, uma pessoa com conhecimento científico consolidado tende a identificar mais alternativas e tomar decisões de maneira mais segura e eficaz.

Candotti (2002) afirma que a educação científica, entre outras práticas, se mostra um caminho relevante para que as pessoas possam, de posse desse conhecimento, pensar e agir de forma mais sustentável e com justiça ambiental. Algumas iniciativas se mostraram promissoras e transformaram a realidade social. DeBoer (2000), por exemplo, cita o próprio ensino de ciências, como uma iniciativa histórica no pós-Segunda Guerra Mundial, com o objetivo de capacitar os estudantes a compreenderem o mundo por meio de elaborações independentes e autônomas.

Apesar dos avanços científicos significativos nas últimas décadas, persistem barreiras que dificultam a compreensão efetiva sobre o que se trata de MC e como a sociedade global pode enfrentá-la. Isso se torna mais preocupante, quando se constata que as consequências da MC afetam de modo diferenciado as populações mais vulneráveis e as que têm menos acesso a informação confiável (Germano & Kulesza, 2007). Diversos estudiosos discutem estratégias para superar essas barreiras e promover formas de enfrentamento mais efetivas e eficazes.

Nesse sentido, a democratização do conhecimento científico passou a ser um destaque educativo para o ensino de ciências. Essa democratização é frequentemente designada por termos como "alfabetização ecológica", "letramento científico", "enculturação científica", "disseminação científica" e "popularização da ciência". Embora possam ser vistas pela soci

idade em geral como sinônimo, esses termos guardam em si diferentes formas de apropriação de conceitos, habilidades e fenômenos que a ciência busca compreender para solucionar problemas cotidianos (Palheta et al., 2023). Krasilchik e Marandino (2004) foram protagonistas no desenvolvimento dessas abordagens no contexto da educação científica brasileira como instrumentos para o exercício pleno da cidadania. Essa modalidade de ensino de ciência permite, segundo Palheta e seus colegas (2023) contribui para que os estudantes atuem nas diversas esferas sociais e enfrentem os desafios da vida em sociedade de forma mais efetiva.

Com o objetivo de uma educação comprometida com a cidadania, os processos de educação científica passaram a ser denominados "letramento" ou a "alfabetização científica", pois se ocupam não apenas nas definições e conceitos científicos, mas também na problematização de determinadas situações ou fenômenos no contexto sociais ou ambiental (Miller-Rushing, Primack & Bonney, 2012). Em que pese algumas distinções, ambas modalidades convergem para o ensino de ciências (Vitor & Silva, 2017).

O termo "alfabetização científica" se inspira na ideia de uma formação em que o estudante não apenas aprenda sobre os conceitos e desenvolva habilidades, mas também possibilite uma postura crítica em relação ao objeto do conhecimento científico (DeBoer, 2000). Essa modalidade é amplamente utilizada na educação científica, especialmente como ferramenta para capacitar jovens para sua inserção e desempenho no mundo do trabalho (Osborne & Allchin, 2024).

Por outro lado, o termo “letramento científico”, inspirado no processo de ensinar-aprender a ler e escrever, propõe um diálogo social mais abrangente do que uma simples compreensão técnica do objeto de conhecimento. Cunha (2017) defende que o letramento científico envolve a apropriação de conceitos trazidos pela ciência, capazes de serem decodificados e utilizados socialmente em diversas situações. Nessa mesma linha, Fritjof Capra (2006) afirma que esse saber implica compreender as teias de inter-relações entre os seres vivos, englobando tanto a dimensão biogeofísica dos ecossistemas quanto a dimensão subjetiva da experiência humana.

Seja pela perspectiva da alfabetização ou do letramento científico, questões ambientais devem ser estimuladas desde a primeira infância no contextos formal e não formal (Cardoso, Polceno & Souza, 2024; Júnior et al., 2017). Na escola é importante que ocorra por meio de currículos integradores nas disciplinas de Ciências, Geografia, Física ou nas atividades de Educação Ambiental (Silva, Ferreira & Vieira, 2017). Esse saber científico comprometido com a cidadania planetária não só ressignifica a prática educativa interdisciplinar e transversal das ciências (Merazzi & Robaina, 2021; Silva Cusati & Guerra, 2018), com otambém contribui para reduzir as barreiras de iação diante da MC, em particular. Segundo os parâmetros da BNCC, o estudante alfabetizado ou letrado cientificamente é aquele que compreende os conceitos científicos e é capaz de aplicá-los em suas ações, pensamentos e comunicações dentro de uma perspectiva científica.

A avaliação da alfabetização científica tem sido empregada mundialmente como forma de medir o conhecimento científico das populações e compreender seus comportamentos diante de diferentes cenários, eventos ou fenômenos, incluindo questões ambientais (Coppi, Fialho & Cid, 2021). Já no Brasil, o Instituto Abramundo, em parceria com o Instituto Paulo Montenegro e a Ação Educativa, desenvolveu um instrumento para avaliar o domínio da linguagem científica e a capacidade de uso social desses conceitos na idade escolar: o Indicador de Letramento Científico (ILC). O ILC classifica o letramento científico em quatro níveis: não científico, rudimentar, básico e proficiente. Esse indicador foi utilizado como complemento a outras avaliações, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), a Prova Brasil (atualmente Saeb) e o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). A última aplicação do ILC ocorreu em 2015, com 2.002 participantes de nove regiões metropolitanas do país. Os resultados revelaram que apenas 5% dos brasileiros apresentavam nível proficiente de conhecimento científico, enquanto 48% possuíam entendimento rudimentar. (<http://www.abramundo.com.br>).

Embora essa aplicação do ILC tenha ocorrido há uma década, pouco se avançou no Brasil, especialmente após os impactos da pandemia de COVID-19, que agravou significativamente os problemas de aprendizagem em todos os níveis educacionais (<https://revistaeducacao.com.br/2024>). Os resultados do ILC evidenciam que a capacidade de resolver problemas cotidianos que exigem domínio básico da linguagem científica permanece limitada, demandando intervenções educativas que adotem metodologias eficazes para promover o letramento científico (Gomes, 2015; Serrão et al., 2016).

Na avaliação do PISA 2022, os estudantes brasileiros obtiveram uma média de 402 pontos em Ciências, 85 pontos abaixo da média dos 38 países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Esses dados reforçam que a formação efetiva do conhecimento científico continua sendo um dos grandes desafios da educação básica no país.

Apesar desses índices, a escola permanece como o espaço legítimo para o avanço do letramento científico. Diante da crise climática, que exige atuação efetiva de todos os cidadãos, cabe questionar: estaria a escola contribuindo para que os estudantes adquiram um conhecimento científico mais sólido sobre a mudança climática? E estaria ela promovendo um saber situado socialmente com habilidades, atitudes e valores que favoreçam práticas de mitigação e adaptação necessárias?

MÉTODO E INSTRUMENTO

Esse estudo é parte de uma pesquisa mais ampla¹, da qual participaram 792 estudantes (masculino = 376; feminino = 416) de 15 escolas públicas, todos concluintes do ensino fundamental em oito municípios do estado do Amazonas. As escolas foram selecionadas por conveniência, abrangendo cidades de diferentes regiões do estado. Foram incluídos os estudantes finalistas que concordaram voluntariamente em participar da pesquisa. O estudo seguiu todos os critérios éticos exigidos, com aprovação registrada na Plataforma Brasil sob o CAAE 67448523.2.0000.0006 e parecer nº 5.952.658.

O protocolo utilizado no survey continha questões sociodemográficas e oito afirmativas relacionadas à Mudança Climática. Os participantes deveriam indicar se cada afirmativa estava correta ou incorreta, marcando com "C" para corretas e "E" para erradas. As perguntas foram adaptadas ao modelo do Teste de Alfabetização Científica Básica, versão simplificada (TACB-S), conforme Vizzotto & Mackedanz (2018). O TACB é amplamente utilizado no Brasil desde a década de 1990 para avaliar o nível de alfabetização científica em diferentes contextos (Coppi et al., 2021).

As afirmativas continham conceitos e aspectos relacionados diretamente à MC, como temperatura, clima, tempo e gases de efeito estufa. As afirmativas, as respostas esperadas (consideradas acertos) e os respectivos códigos de referência estão apresentadas no Quadro 1.

¹ Edital N. 005/2022 - Humanitas – CT&I FAPEAM com suporte do INCT-Madeiras da Amazônia/CNPq. “O papel da floresta amazônica nos ciclos do carbono e da água: um estudo com alunos da educação básica no Estado do Amazonas”

Quadro 1*Afirmativas e Respostas esperadas*

Cód	Afirmativa	Correta (C) Incorreta (I)	Resposta Esperada
A1	O metano (CH ₄) é o gás do efeito estufa mais abundante na atmosfera.	I	F
A2	A árvore quando apodrece (decompõe) emite metano (CH ₄).	C	V
A3	No reino vegetal somente as árvores conseguem retirar o CO ₂ da atmosfera.	I	F
A4	Os três principais gases naturais de efeito estufa são: Dióxido de Carbono (CO ₂), Metano (CH ₄) e Óxido Nitroso (N ₂ O).	C	V
A5	A mudança climática se refere ao aumento da temperatura média de superfície do planeta a partir da introdução do petróleo em escala industrial.	C	V
A6	Quando estão em excesso, o dióxido de carbono (CO ₂) é mais perigoso para o clima do que o Óxido Nitroso (N ₂ O) e o Metano (CH ₄).	I	F
A7	O efeito estufa é um fenômeno natural que regula, quando em equilíbrio, o clima do planeta terra.	C	V
A8	O clima é a temperatura média de superfície da terra de um período inferior a 30 anos.	I	F

Com base na versão revisada da Taxonomia de Bloom (TBR), proposta por Anderson et al. (2001), que classifica os objetivos de aprendizagem em categorias de conhecimento, as afirmativas utilizadas neste estudo foram agrupadas em dois tipos: a) Conhecimento Factual (A1, A2, A3, A4); b) Conhecimento Conceitual sobre Mudança Climática (A5, A6, A7, A8).

O Conhecimento Factual refere-se a informações básicas e específicas necessárias para a construção do saber, envolvendo memorização de terminologias, definições e fatos relacionados ao objeto de estudo. Já o Conhecimento Conceitual abrange estruturas organizadas de conhecimento, como categorias, princípios, teorias e modelos que explicam como os fatos se inter-relacionam. Esse tipo de conhecimento exige maior nível de abstração e profundidade, demandando compreensão das relações entre os elementos do fenômeno estudado. Dessa forma, as afirmativas foram classificadas conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2*Classificação do tipo de conhecimento exigido nas afirmativas*

Afir	Tipo de conhecimento	Justificativa
A1	Factual	Trata-se de uma informação específica sobre um composto químico.
A2	Factual	É uma descrição direta de um fenômeno biológico observado
A3	Factual	Apresenta um dado específico (embora cientificamente discutível), classificado como conhecimento básico
A4	Factual	Lista de informações específicas e elementares
A5	Conceitual	Introduz uma explicação ligada a causas e relações entre fatores ambientais e impactos humanos
A6	Conceitual	Envolve comparação e avaliação de impacto entre elementos, exigindo compreensão de contexto. Saber sobre o potencial de aquecimento de cada tipo de GEE e sua contribuição na atmosfera.
A7	Conceitual	Define um conceito científico com implicações para o sistema climático.
A8	Conceitual	Define um termo específico (clima), podendo ser considerado factual ou conceitual dependendo do uso.

Ainda com base na Taxonomia de Bloom revisada (TBR), as afirmativas também podem ser classificadas segundo o tipo de atividade mental envolvida na elaboração do conhecimento. No Quadro 3, elas são discriminadas conforme a dimensão cognitiva. As afirmativas A1, A2 e A4 são consideradas elementares, pois requerem apenas habilidades de recordação e reconhecimento de informações. Já as afirmativas A3, A5, A7 e A8 demandam maior complexidade cognitiva, exigindo dos estudantes interpretação, explicação e capacidade de síntese. Apenas uma afirmativa (A6) foi elaborada com o objetivo de avaliar a capacidade de julgamento dos impactos da mudança climática com base em critérios científicos, envolvendo uma operação cognitiva de nível superior.

Quadro 3

Classificação do nível cognitivo exigido nas afirmativas

Afirmativa	Nível Cognitivo	Justificativa
A1	Lembrar	Exige apenas memorização de um fato específico.
A2	Lembrar	Relata uma informação factual e observável.
A3.	Compreender	Exige interpretação do papel das árvores no ciclo de carbono.
A4	Lembrar	Requiere identificação ou memorização de dados.
A5	Compreender	Demonstra entendimento de causas e definição de um conceito.
A6	Avaliar	Implica julgamento entre impactos, usando critérios científicos.
A7	Compreender	Envolve explicação do conceito e sua função ambiental.
A8	Compreender	A definição exige interpretação, não só repetição literal.

As afirmativas foram elaboradas com o objetivo de garantir um balanceamento entre itens corretos e incorretos (negativados). A inclusão de itens negativados que contribui para romper o padrão automático de respostas do tipo "verdadeiro parece sempre certo". Essa inversão reduz a tendência à aquiescência, estimulando uma leitura mais atenta por parte dos respondentes e evitando a concordância indiscriminada com todas as afirmações (Anastasi & Urbina, 2000; Pasquali, 2017).

Para assegurar a efetividade do entendimento das questões pelos participantes, foi realizada uma validação semântica e contextual com dois especialistas na temática, que atuaram como juízes. Após os ajustes recomendados e devido consentimento em participar da pesquisa, o survey foi aplicado aos estudantes em sala de aula, tendo-se o cuidado de solicitar as respostas individuais.

Para a análise dos dados, foram utilizados testes estatísticos conforme os procedimentos da Teoria Clássica dos Testes. Inicialmente, as respostas de cada afirmativa foram codificadas seguindo as orientações de Vizzotto e Mackedanz (2020), sendo que a resposta esperada foi considerada como acerto. Os acertos foram codificados como "1", os erros como "0" e as respostas em branco foram classificadas como valores ausentes (NA), conforme o padrão do software R. Todas as análises foram realizadas no software R Core Team (2024), versão 4.4.2.

As análises estatísticas incluíram: média, desvio padrão, índice de dificuldade do item, índice de discriminação do item, teste t de Student, correlação bisserial por ponto, alfa de Cronbach e análise de componentes principais para dados categóricos (CATPCA). Não foi realizado teste de normalidade, uma vez que o número de observações ($n \geq 30$) atende ao pressuposto do Teorema do Limite Central. Segundo esse teorema, os dados tendem a seguir uma distribuição normal independentemente da distribuição original (Gill, 1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os acertos dos participantes foram convertidos em escores, permitindo o cálculo da média e do desvio padrão para cada afirmativa. Como cada item poderia receber até 792 respostas (correspondente ao total de participantes), observou-se que o número de respostas por afirmativa variou entre 662 (83,5%) e 666 (84%), considerando tanto acertos quanto erros.

A distribuição dos escores totais por participante revelou que o número mínimo de acertos foi 1 (registrado por quatro estudantes), enquanto o máximo foi 8 (atingido por apenas seis estudantes). Com base no critério estabelecido por Vizzotto & Mackedanz (2020), que considera cientificamente alfabetizados os indivíduos que acertam 60% ou mais das afirmativas, verificou-se que 53,5% dos participantes ($n = 356$) atingiram esse patamar, acertando cinco ou mais itens (Tabela 1).

Tabela 1

Frequência dos escores das afirmativas

Total Acertos	Frequência	Percentual
1	4	0.6
2	40	6
3	98	14.7
4	168	25.2
5	164	24.6
6	138	20.7
7	48	7.2
8	6	0.9

A média geral de acertos por participante foi de 4,6, com desvio padrão de 1,4, variando entre 1 e 8 acertos. Esses dados indicam um domínio moderado do conteúdo relacionado à mudança climática, com concentração de escores entre 4 e 6 acertos.

A análise por item (Tabela 2) mostra que as afirmativas A4 e A7 apresentaram os maiores índices de acerto (73,98% e 72,03%, respectivamente), enquanto A1 e A6 tiveram os menores (42,86% e 46,25%). Isso sugere que os estudantes demonstraram maior familiaridade com aspectos

como o efeito estufa e a fotossíntese, mas enfrentaram dificuldades em identificar corretamente os gases mais relevantes e compreender a relação entre ação humana e crise climática.

Tabela 2

Descritivo dos escores por afirmativas

Afirmativa	Respostas dadas	Total de acertos	Média de acertos¹	Desvio Padrão	Proporção de acertos (%)	Média dos escores²
A1	665	285	0.43	0.50	42.86	5.22
A2	664	415	0.63	0.48	62.50	5.07
A3	664	337	0.51	0.50	50.75	5.14
A4	665	492	0.74	0.44	73.98	4.90
A5	666	411	0.62	0.49	61.71	5.04
A6	666	308	0.46	0.50	46.25	5.23
A7	665	479	0.72	0.45	72.03	4.87
A8	662	355	0.54	0.50	53.63	5.03

Nota. ¹Variação de 0 a 1 -1 Proporção média de acertos.

²Variação de 1 a 8 Média dos escores totais dos alunos que acertaram o item.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de abordagens pedagógicas que promovam não apenas a memorização de conceitos, mas também a compreensão crítica e contextualizada dos fenômenos climáticos. A persistência de mitos e equívocos conceituais, como a crença de que o metano é o gás mais abundante da atmosfera ou que apenas as árvores capturam CO₂, evidencia lacunas conceituais que podem ser enfrentadas por meio de práticas interdisciplinares e do uso de recursos didáticos mais eficazes. Isso é especialmente importante no processo de educação ambiental, uma vez que conceitos atravessados por opiniões, informações incompletas ou superficiais, distorcidas e geradas por agências negacionistas, aumentam as incertezas e a desconfiança na ciência (Lima, 2024). Da mesma forma que tratar o fenômeno como uma catástrofe eminente e que nada se pode fazer diante dele, pode interromper o estímulo para uma mudança de conduta. Como explicam Layargues e Sato (2024) essa “ecopolítica colapsista” produz sujeitos amedrontados incapazes de agir proativamente.

Com base nos dados coletados, foi proposta uma adaptação de modelo de proficiência temática sobre mudança climática, inspirado nos descritores do INEP/MEC – SAEB (2020). Considerando as proporções de acertos e os tipos de conhecimento avaliados, foram definidos quatro níveis de proficiência: Avançado (70% a 100%); Intermediário (50% a 69%); Básico (30% a 49%) e Abaixo do Básico (< 30%) (Tabela 3).

Tabela 3

*Níveis de proficiência sobre Mudança Climática por afirmativa**

Afirmativa	Proporção de Acertos (%)	Média dos Escores²	Indicador de Proficiência	Interpretação
A1	42,86	5,22	Básico	Indica dificuldade conceitual
A2	62,50	5,07	Intermediário	Conhecimento parcial
A3	50,75	5,14	Intermediário	Conhecimento parcial

Afirmativa	Proporção de Acertos (%)	Média dos Escores ²	Indicador de Proficiência	Interpretação
A4	73,98	4,90	Avançado	Domínio satisfatório
A5	61,71	5,04	Intermediário	Conhecimento parcial
A6	46,25	5,23	Básico	Indica dificuldade conceitual
A7	72,03	4,87	Avançado	Domínio satisfatório
A8	53,63	5,03	Intermediário	Conhecimento parcial

*Adaptado do SAEB

A afirmativa com maior índice de acertos foi a A4: “Os três principais gases naturais de efeito estufa são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O)”, com escore de 74%. Essa afirmativa enquadra-se como conhecimento factual, exigindo um nível cognitivo de memória. Por outro lado, a afirmativa com menor índice de acertos foi a A1: “O metano (CH₄) é o gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera”, com escore de 43%, também classificada como conhecimento factual de nível cognitivo recordatório.

A média de acertos por afirmativa é referida na literatura como Índice de Dificuldade do Item (IDI) (Vizzotto & Mackedanz, 2020). Segundo os autores, afirmativas com IDI abaixo de 0,30 são consideradas difíceis; entre 0,30 e 0,70, moderadas; e iguais ou superiores a 0,70, fáceis. Com base nesses critérios, as afirmativas A1, A2, A3, A5, A6 e A8 foram classificadas como moderadas, enquanto A4 e A7 foram consideradas fáceis. Esses resultados indicam que não há um padrão consistente de desempenho dos participantes com base no tipo de conhecimento (factual ou conceitual) ou no nível cognitivo exigido pelas afirmativas, sugerindo a necessidade de abordagens pedagógicas mais diversificadas e contextualizadas.

Para avaliar o nível de conhecimento sobre MC, é essencial utilizar instrumentos válidos e confiáveis, capazes de discriminar entre diferentes níveis de compreensão. A construção e validação de afirmativas sobre o tema requer, portanto, rigor psicométrico, especialmente no que diz respeito à análise de dificuldade, discriminação e correlação item-total. Segundo Urbina (2007), a qualidade de um item pode ser avaliada por meio de indicadores estatísticos que revelam sua capacidade de distinguir entre participantes com maior e menor domínio do conteúdo. Com esse objetivo, foram realizadas análises específicas para verificar o desempenho das oito afirmativas relacionadas à MC, considerando seus índices de dificuldade, discriminação e correlação ponto-bisserial. Essas análises visam contribuir para o aprimoramento de instrumentos avaliativos na área da educação científica e ambiental, fortalecendo a capacidade de diagnóstico e intervenção pedagógica.

Para qualificar os índices de discriminação das afirmativas, isto é, verificar se cada item contribui efetivamente para distinguir entre participantes com maior e menor domínio do conteúdo, foram selecionados os 180 estudantes com os maiores escores e os 180 com os menores escores, totalizando 360 participantes, o que representa 54% da amostra total (Soares, 2018; Vizzotto & Mackedanz, 2020). Essa abordagem segue os princípios da Teoria Clássica dos Testes (TCT), que considera a análise de discriminação um dos principais indicadores da qualidade de um item (Urbina, 2007). De acordo com os critérios psicométricos amplamente utilizados em avaliações educacionais, os índices de discriminação são classificados da seguinte forma: $\leq 0,20$: item considerado ineficiente; $> 0,20$ e $\leq 0,30$: item que requer revisão; $> 0,30$ e $\leq 0,40$: item considerado aceitável; e $> 0,40$: item considerado satisfatório. Essa classificação está alinhada com as recomendações de

Rodrigues (2006), que enfatiza a importância de critérios psicométricos claros para assegurar a validade dos instrumentos avaliativos.

As afirmativas A3 “No reino vegetal, somente as árvores conseguem retirar o CO₂ da atmosfera” e A6 - “Quando estão em excesso, o dióxido de carbono (CO₂) é mais perigoso para o clima do que o óxido nitroso (N₂O) e o metano (CH₄)” apresentaram os maiores índices de discriminação, com valores de 0,49 e 0,48, respectivamente - sendo, portanto, classificadas como afirmativas com índice satisfatório. A afirmativa A8 - “O clima é a temperatura média da superfície da Terra de um período inferior a 30 anos” obteve um índice de 0,36, sendo considerada aceitável. Por outro lado, a afirmativa A7 - “O efeito estufa é um fenômeno natural que regula, quando em equilíbrio, o clima do planeta Terra” apresentou um índice de 0,28, o que indica a necessidade de revisão, conforme os critérios estabelecidos (Tabela 4).

Tabela 4

Índices de dificuldade e de discriminação das afirmativas

Afirmativa	Dificuldade	Classificação	Discriminação	Classificação
A1	0.43	Moderado	0.465	Satisfatório
A2	0.62	Moderado	0.461	Satisfatório
A3	0.51	Moderado	0.487	Satisfatório
A4	0.74	Fácil	0.406	Satisfatório
A5	0.62	Moderado	0.444	Satisfatório
A6	0.46	Moderado	0.478	Satisfatório
A7	0.72	Fácil	0.28	Revisar
A8	0.54	Moderado	0.363	Aceitável

Os resultados indicam que a maioria das afirmativas apresenta bom poder discriminativo, com destaque para A3 e A6. A revisão da afirmativa A7 é recomendada, conforme sugerido por Sartes & Souza-Formigoni (2013), que destacam que itens com baixo poder discriminativo pode comprometer a precisão da avaliação e devem ser reformulados para melhor captar as diferenças entre os participantes. Para verificar a associação entre o desempenho geral dos participantes e a resposta dada a cada item, foi realizada uma análise de correlação ponto-bisserial. Nessa análise, o sinal da correlação depende da codificação das variáveis. No entanto, correlações negativas podem indicar que participantes com escores mais baixos acertaram mais o item, sugerindo inconsistência ou ambiguidade na afirmativa (Field, 2009; Soares, 2018).

As correlações ponto-bisserial obtidas para as afirmativas variaram entre $r_{p\beta} = 0,28$ e $r_{p\beta} = 0,41$, todas com evidência extremamente forte ($p < 0,001$). De acordo com os critérios do IPPC, esses resultados indicam que os participantes com maiores escores totais apresentaram maior probabilidade de acerto nas respectivas afirmativas. A correlação mais forte foi observada na afirmativa A2 — “A árvore, quando apodrece (decompõe), emite metano (CH₄)” ($r_{p\beta} = 0,41$; $p < 0,001$) — sugerindo que esse item teve maior poder de discriminação, sendo mais eficaz na distinção entre participantes com diferentes níveis de desempenho (Tabela 5).

Tabela 5

Índices de correlação item-total e correlação ponto-bisserial das afirmativas

Afirmativa	Correlação item-total		Correlação ponto-bisserial		
	R	P	R	P	Classificação
A1	0.01	0.73	0.37	5.4e-23	Aceitável
A2	0.07	0.09	0.41	2.3e-28	Satisfatório
A3	0.01	0.77	0.37	3.4e-23	Aceitável
A4	0.02	0.61	0.34	6.1e-19	Aceitável
A5	0.03	0.43	0.38	3.0e-24	Aceitável
A6	0.05	0.24	0.40	3.0e-27	Satisfatório
A7	-0.05	0.23	0.28	1.8e-13	Revisar
A8	-0.05	0.25	0.32	6.8e-17	Aceitável

Afirmativas como A6 e A1 também apresentaram correlações ponto-bisserial satisfatórias ($r_{pb} = 0,40$ e $r_{pb} = 0,37$, respectivamente), reforçando sua capacidade de discriminar entre diferentes níveis de conhecimento. Em contrapartida, a afirmativa A7 apresentou o menor índice de correlação ($r_{pb} = 0,28$), indicando necessidade de revisão, dado seu poder discriminativo limitado. Esse achado está em consonância com os critérios psicométricos propostos por Rodrigues (2006) e Sartes & Souza-Formigoni (2013), que recomendam a reformulação de itens com baixo poder discriminativo para garantir maior precisão na avaliação.

Adicionalmente, os valores de correlação item-total foram baixos em todas as afirmativas, o que pode indicar que, embora os itens discriminem bem individualmente, sua contribuição para o escore total do instrumento ainda requer análise cuidadosa. Segundo Urbina (2007), essa discrepância pode ocorrer quando o teste contém itens heterogêneos ou quando o escore total não representa adequadamente o construto avaliado. Portanto, os resultados da análise ponto-bisserial reforçam a validade de grande parte das afirmativas, especialmente A2 e A6, e apontam para a necessidade de revisão de itens como A7. Esses achados contribuem para o aprimoramento do instrumento e para a construção de avaliações mais precisas e eficazes sobre mudança climática no contexto da educação científica e ambiental.

Os resultados apresentados na Tabela 6 indicam que todas as afirmativas analisadas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de maior e menor desempenho ($p < 0,001$). Esse achado sugere que as afirmativas possuem bom poder discriminativo, sendo eficazes na distinção entre participantes com diferentes níveis de conhecimento sobre mudança climática. As médias mais elevadas observadas entre os participantes com melhor desempenho reforçam essa tendência, evidenciando que os itens foram mais frequentemente acertados por aqueles que obtiveram escores totais superiores. Esses resultados corroboram a validade das afirmativas como indicadores confiáveis de compreensão científica sobre o tema.

Tabela 6

Tabela teste t comparando os grupos de maior e menor desempenho

Afirmativa	Média Alto	Média Baixo	p_valor
A1	0.68	0.21	6.11E-21
A2	0.81	0.35	7.77E-21
A3	0.76	0.27	7.92E-23
A4	0.93	0.52	4.29E-19
A5	0.82	0.38	1.45E-19

A6	0.74	0.26	6.28E-22
A7	0.84	0.56	3.79E-09
A8	0.77	0.40	6.28E-13

A afirmativa A4 “O clima é a temperatura média da superfície da Terra de um período inferior a 30 anos” apresentou a maior diferença entre os grupos (média alto = 0,93; média baixo = 0,52), seguida pelas afirmativas A2 e A3. Esses resultados reforçam os achados da análise ponto-bisserial, corroborando a validade discriminativa das afirmativas. Tais evidências estão em consonância com os critérios psicométricos estabelecidos por Soares (2018) e Rodrigues (2006), que destacam a importância de itens capazes de refletir diferenças reais de conhecimento entre os participantes.

Complementando, foi realizada uma Análise de Componentes Principais para Dados Categóricos (CATPCA), considerando as oito afirmativas que apresentaram índices de discriminação iguais ou superiores a 0,30. As variáveis foram tratadas como fatores, conforme exigido pela técnica, e os casos ausentes mantidos como valores NA. Embora os dados estivessem originalmente codificados como 0 e 1, a conversão para fatores permitiu a execução adequada da análise (ver Tabela 7).

Tabela 7

Análise de Componentes Principais para Dados Categóricos (CATPCA)

Afirmativa	Carga dos componentes	
	Dimensão	
	1	2
A1	-0.018548531	-0.484889703
A2	0.006703682	-0.180215747
A3	0.844542142	-0.079799339
A4	-0.903499911	0.069145972
A5	0.11100069	0.676197498
A6	0.052684738	0.571485119
A7	0.08708578	0.288989385
A8	-0.714434122	0.011556507

Nota. O realce indica os valores que tiveram carga fatorial > 0,30.

Os resultados da CATPCA revelaram cargas fatoriais superiores a 0,30 em alguns itens, como A3 (0,84), A4 (-0,90), A5 (0,67) e A6 (0,57), indicando possível estrutura latente. No entanto, a consistência interna das dimensões extraídas foi insatisfatória, com alfa de Cronbach geral de $\alpha = 0,15$ e valores igualmente baixos nas duas dimensões (Dimensão 1: $\alpha = 0,14$; Dimensão 2: $\alpha = 0,14$). Esses resultados indicam que as afirmativas não estão medindo um construto comum de forma confiável, impossibilitando a formação de subescalas válidas.

Apesar disso, a análise das cargas fatoriais sugere a existência de dois agrupamentos conceituais: um relacionado ao conhecimento factual, composto por afirmativas como A1, A3 e A4, e outro vinculado ao conhecimento conceitual, representado por A5, A6 e A8. Essa interpretação

encontra respaldo na Taxonomia de Bloom Revisada (Anderson & Krathwohl, 2001), que distingue entre diferentes tipos de conhecimento, factual, conceitual, procedimental e metacognitivo, e pode ser útil para orientar futuras reformulações do instrumento.

A presença de cargas negativas em itens como A1, A4 e A8 também merece atenção. Esses valores podem indicar discordância coerente por parte dos participantes, ou seja, jovens que reconheceram essas afirmativas como equivocadas, o que pode refletir um nível mais refinado de compreensão conceitual. Tal fenômeno reforça a importância de considerar não apenas o acerto, mas o tipo de raciocínio envolvido na resposta.

Ao classificar os níveis cognitivos presentes nas afirmações que os estudantes deveriam confirmar ou refutar como verdadeiras, parte-se do pressuposto de que os conhecimentos ensinados no âmbito escolar se situam na dimensão do conhecimento, seja factual ou conceitual. Os conceitos factuais, adquiridos no cotidiano por meio de observações e interações intuitivas, constituem uma base empírica essencial para o acesso a conhecimentos mais complexos (Ferraz & Belhot, 2010). No entanto, esses saberes iniciais precisam ser sistematizados e ressignificados como conhecimentos científicos conceituais, por meio de processos de ensino e aprendizagem intencionais.

Essa classificação revela tensões importantes quando confrontada com a realidade escolar. Apesar das diretrizes de interdisciplinaridade propostas pela BNCC, os conhecimentos que chegam à escola são organizados e selecionados tradicionalmente como conteúdos disciplinares. Tal estrutura curricular evidencia uma fragmentação indesejada, muitas vezes agravada pela formação insuficiente dos professores e pela complexidade intrínseca ao tema. Essa fragmentação, fruto da padronização do que será ensinado, pode ou não encontrar esquemas mentais básicos na estrutura cognitiva dos estudantes, o que impacta diretamente sua capacidade de assimilar, acomodar e transformar esses conteúdos em conhecimentos científicos. Superar esse desafio é fundamental para que os alunos possam ser reconhecidos como alfabetizados ou letrados cientificamente, capazes de compreender e interagir criticamente com o mundo à sua volta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo revelou níveis variados de compreensão entre estudantes finalistas do ensino fundamental sobre temas relacionados à mudança climática. Embora tenham demonstrado bom desempenho em tópicos como efeito estufa e fotossíntese, foram identificadas fragilidades significativas em áreas como a definição de clima, a identificação dos principais gases de efeito estufa e o entendimento causal da ação humana na crise climática. Os índices relativamente altos de concordância com afirmações equivocadas, como "o metano é o gás mais abundante da atmosfera" ou "apenas as árvores capturam CO₂", evidenciam a presença de mitos e lacunas conceituais persistentes.

A análise estatística, fundamentada na Teoria Clássica dos Testes (Rodrigues, 2006; Sartes & Souza-Formigoni, 2013), reforça a importância de critérios psicométricos na construção de instrumentos avaliativos. A correlação ponto-bisserial, em especial, revelou-se uma ferramenta útil para identificar itens com maior poder discriminativo, contribuindo para a validade do instrumento. O teste t confirmou essas diferenças entre os grupos, reforçando a validade discriminativa dos itens. Apesar da CATPCA revelar baixa consistência interna nas dimensões extraídas ($\alpha < 0,15$),

impossibilitando a formação de subescalas confiáveis, as cargas fatoriais sugerem dois agrupamentos conceituais: afirmativas relacionadas ao conhecimento factual e ao conhecimento conceitual, conforme a Taxonomia de Bloom Revisada.

Conclui-se que, embora o instrumento apresente afirmativas com bom poder discriminativo, ajustes são necessários para aprimorar sua estrutura conceitual e consistência interna, contribuindo para o desenvolvimento de avaliações mais eficazes sobre mudança climática no contexto da educação ambiental. Com base nos achados psicométricos e conceituais, recomenda-se a revisão da afirmativa A7, uma vez que não diferencia adequadamente os níveis de conhecimento devem ser revistos para garantir maior precisão na avaliação. Apesar de a análise fatorial ter indicado uma estrutura cognitiva a partir de agrupamentos conceituais entre afirmativas de conhecimento factual e conceitual, sugere-se que futuras avaliações sejam construídas com itens que possibilitem identificar níveis cognitivos específicos tais como lembrar, compreender, aplicar e analisar.

Ainda sobre as afirmativas, o modo negativado é considerado um aspecto positivo no uso pedagógico e de avaliação a partir de erros conceituais intencionais para promover reflexão e habilidades cognitivas mais profundas (Correia & Soares, 2024). Tais estratégias estimulam os alunos a identificarem e justificar os erros, fortalecendo o pensamento crítico e a argumentação científica. Ainda o instrumento desenvolvido pode orientar intervenções pedagógicas mais eficazes como diagnóstico para identificar concepções prévias antes da abordagem formal dos conteúdos. Tais estratégias são indicadas para uma aprendizagem significativa a partir de concepções alternativas como propõe Ausubel e seus colegas (Costa Júnior et al., 2023).

Como a baixa consistência interna sugere que os itens não estão articulados em torno de um único construto, recomenda-se em novos instrumentos de ensino aprendizagem, atentar para a integração conceitual. Esse cuidado auxilia na promoção de abordagens integradas que relacionem causas, processos e consequências da mudança climática. Recomenda-se, ainda o uso de dados reais, simulações e fontes confiáveis para desenvolver competências científicas e ambientais, preparando os alunos para compreender e enfrentar os desafios climáticos contemporâneos. Dinâmicas problematizadoras, como dilemas socioambientais, podem ser estratégias eficazes para desconstruir “mitos climáticos” por meio da exposição a evidências científicas. Tais abordagens são especialmente relevantes diante de um fenômeno que afeta a todos, mas que compromete, de forma particular, o futuro das juventudes e populações amazônicas vulneráveis. Nesse sentido, Kataoka, Pedroso e Moser (2024) e Kataoka et al., (2024) enfatizam, que está na hora de educadores ambientais se apoiarem com firmeza na produção das Ciências Naturais e Humanas para construir e concretizar as mudanças necessárias. Esse diálogo horizontal é necessário e urgente para uma relação sociedade-natureza que frutifique na valorização da natureza, das florestas e problematize como as condutas humanas.

O tema da MC indica a necessidade de reforço em conteúdos interdisciplinares que articulem ciências, geografia e química, tendo a educação ambiental como eixo reflexivo e contextualizador. Sugere-se, portanto, que o processo de ensino-aprendizagem incorpore situações-problema que estimulem o pensamento crítico, indo além da memorização de conceitos e promovendo habilidades cognitivas como interpretação, aplicação, análise e julgamento contextualizado. Os recursos pedagógicos são igualmente importantes. No caso de estudantes jovens, o uso de mídias científicas, como vídeos, infográficos e experimentos, pode ser altamente eficaz para

despertar o interesse e possibilitar a construção de esquemas cognitivos mais avançados. Com essa base cognitiva tem-se um passo importante para que os estudantes estejam preparados para se engajarem em processos de criação e inovação que possa auxiliar no enfrentamento da MC. Contudo, esse aparato tecnológico deve ser socialmente situado, acompanhado de discussões críticas e da apresentação de fatos sobre eventos ambientais que confrontem o negacionismo climático e crenças desinformadas.

Para esses estudantes amazônidas, um letramento científico acerca da MC é ainda mais urgente por dois motivos centrais. Primeiro, porque a Amazônia abriga uma das maiores reservas naturais de carbono do planeta, desempenhando papel essencial na remoção de gases de efeito estufa por meio da fotossíntese e da evapotranspiração. O avanço do desmatamento e das queimadas na região libera grande quantidade de carbono armazenado na atmosfera, contribuindo significativamente para o agravamento da crise climática. Segundo porque, a preservação das florestas não se limita à esfera ambiental, mas envolve dimensões socioculturais profundas. Comunidades indígenas, quilombolas e ribeirinhas dependem diretamente desses ecossistemas para sua subsistência e identidade., e são eles que podem sofrer as consequências mais nefastas da MC. Estimular um saber científico com responsabilidade dos jovens na conservação desses territórios e dessas gentes é um caminho para promover o despertar da consciência ambiental e social.

O ensino de ciências deve, portanto, articular conhecimento científico bem fundamentado que possibilite uma atuação compromissada éticamente para o exercício de uma cidadania plena dos estudantes. Essas recomendações contribuem, na mesma medida, para uma educação científica e ambiental crítica, que não apenas transmite informações, mas promove a construção ativa do conhecimento, o desenvolvimento do pensamento científico e a formação de cidadãos conscientes e engajados com a sustentabilidade do planeta e justiça ambiental.

REFERÊNCIAS

Alencar, A., Arruda, V., Martenexen, F., et al. (2024). *Fogo no Brasil em 2024: o retrato fundiário da área queimada nos biomas* [Nota técnica]. IPAM Amazônia. <https://ipam.org.br/bibliotecas/fogo-no-brasil-em-2024-o-retrato-fundiario-da-area-queimada-nos-biomas/>

Al-Homaidi, H. A., & Al-Dagashi, A. M. (2021). The level of scientific literacy and its relation with a making decision Field study of the third secondary scientific students in the secretariat, Sana'a. *Journal of Educational and Psychological Sciences*, 4(26), 75–99. <https://doi.org/10.26389/ajsrp.s180220>

Alves, J. C. & Amoroso, C. (2023). *Mudança climática: o que temos a ver com isso?* Informação e Diálogo. São Paulo: Editora Moderna. 80p.

Anastasi, A., & Urbina, S. (2000). *Testagem psicológica* (7ª ed.). Porto Alegre, RS: Artes Médicas.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Complete Edition*. New York: Longman.

American Psychological Association [APA]. Task Force on Climate Change. (2022) Addressing the Climate Crisis: An Action Plan for Psychologists, Report of the APA Task Force on Climate Change. Retrieved from <https://www.apa.org/science/about/publications/climate-crisis-action-plan.pdf>

BRASIL-Ministério da Educação e Cultura [MEC] *Base Nacional Comum Curricular*. (2018). Brasília: MEC. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf

BRASIL-Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações [MCTI]. (2022). *Resultados do inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa por unidade federativa*. <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4967>

Capra, F. (2006). *Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável*. São Paulo: Cultrix.

Cardoso, M.C.; Polceno, C.D. & Souza, C.S. (2024) Praças Naturalizadas e sua Contribuição para a Alfabetização Ecológica de Pedagogas/os em Formação. *Diálogos*, 9:9-29 <http://dx.doi.org/10.53930/27892182.dialogos.9.153>

Costa Júnior, João F., Lima, Presleyson P. de, Arcanjo, Cláudio F., Sousa, Fabrícia F. de., Santos, Márcia M.O, Leme, Mário. Gomes, & Neivaldo C. (2023). Um olhar pedagógico sobre a Aprendizagem Significativa de David Ausubel. *REBENA, Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, 5, 51 – 68. <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/index>

Correia, Paulo R. M.; Soares, Marília. (2024). Mapas conceituais Com Erros: Uma Abordagem Prática e Rápida Para a Avaliação Diagnóstica. *Revista de Graduação USP*, São Paulo, Brasil, (6) 1, 47–60, <https://doi.org/10.11606/issn.2525-376X.v6i1p47-60> .

Coppi, M., Fialho, I., & Cid, M. (2021). Instrumentos De Avaliação Da Literacia Científica: Uma Revisão Sistemática De Literatura. *Educação Em Revista*, 39(versão 1). <https://doi.org/10.1590/0102-4698237523>

Cunha, R. B. (2017). Alfabetização científica ou letramento científico? interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. *Revista Brasileira de Educação*, v. 22(68), p. 169-186. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782017226809>

DeBoer, G.E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 582-601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)

Ferraz, A. P. do C. M. & Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, São Carlos, 17(2), 421-431.

Field, A. (2009). Descobrimdo a Estatística usando o SPSS. In *Descobrimdo a Estatística usando o SPSS* (2 ed.). Porto Alegre: Ed. Artimed.

Gomes, A. S. L. (org.) (2015). *Letramento Científico: um indicador para o Brasil*. São Paulo: Instituto Abramundo. Disponível em: https://acaoeducativa.org.br/wp-content/uploads/2014/10/ILC_Letramento-cientifico_um-indicador-para-o-Brasil.pdf

Gifford, R. (2011). Os dragões da inação: barreiras psicológicas que limitam a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. *American Psychologist*, 66 (4), 290–302. <https://doi.org/10.1037/a0023566>

Gill, J.L. (1981). *Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Sciences*. The Iowa Un. Press.

Hayes, S., Gabbatiss, J. & Butler, C. (2025). From climate skepticism to discourses of delay in UK editorials. *Public Understanding of Science* 1–20. <https://doi.org/10.1177/09636625251315446>

IPCC [International Panel for Climate Change] (2007). AR4 Synthesis Report. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf

IPCC [International Panel for Climate Change] (2021). AR6 Annex VII (Glossary). https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_AnnexVII.pdf

INEP -Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (2020). *Escalas de proficiência do SAEB*. Brasília, DF: INEP/MEC. Disponível em https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_examens_da_educacao_basica/escalas_de_proficiencia_do_saeb.pdf

IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2019). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*.. <https://www.ipea.gov.br/ods/ods3.html>

Júnior, J. L., Bezerra, T. L. S., Farias, A. de S., & Higuchi, M. I. G. (2017). A praça como espaço de alfabetização ecológica. *Revista de Estudos e Pesquisas Sobre Ensino Tecnológico*, 10(1), 1-14. <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/22899/1/artigo-inpa.pdf>

Kataoka. A.M.; Moser, A.de S.; Sereia, D.A.O.; Antonio, J.M. (Orgs.). (2024). *O campo da Educação Ambiental no Brasil: reflexões e alternativas ante o contexto de emergência climática global*. Curitiba: Universidade Tuiuti do Paraná.

Kataoka, A. M.; Pedroso, D. S.; Moser, A. de S. (2024). Formação em Educação Ambiental e Emergência Climática: Contribuições teórico-metodológicas. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, 19 (1), e024053, <https://doi.org/10.21723/riace.v19iesp.1.18425>

Krasilchik, M. & Marandino, M. (2004). *Ensino de Ciências e Cidadania*. São Paulo: Moderna.

Lacroix, K.; Gifford, R. & Chen, A. (2019). Developing and validating the Dragons of Inaction Psychological Barriers (DIPB) scale. *Journal of Environmental Psychology*, 63, 9–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.03.001>

Lange, J. M. (2012). Education in Sustainable Development: How Can Science Education Contribute to the Vulnerability Perception? *Research in Science Education*, 42(1), 109–127. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9259-9>

Layrargues, P.P.; Sato. M. (2024) *Se o mundo vai acabar, por que deveríamos reagir?* [recurso eletrônico]: a agenda da educação ambiental no limiar do colapso ambiental/Brasília: Editora Universidade de Brasília.

Lima, G.F. C. (2024). Quando a razão econômica promove a irracionalidade e a insustentabilidade

Sistêmica. In Layrargues, P.P.; Sato, M. (2024) *Se o mundo vai acabar, por que deveríamos reagir?* [recurso eletrônico]: a agenda da educação ambiental no limiar do colapso ambiental/Brasília: Editora Universidade de Brasília. p. 13-19.

Merazzi, D. W. & Robaina, J.V. L. (2021). O letramento científico no ambiente escolar: um olhar para as estratégias de ensino e o desenvolvimento de habilidades. *Revista Interdisciplinar Sulear*, 04 (11), p.8-24. <http://hdl.handle.net/10183/243438>

Miller-Rushing, A., Primack, R. & Bonney, R. (2012), The history of public participation in ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10: 285-290. <https://doi.org/10.1890/110278>

Niles, M. T. & Mueller, N. D. (2016). Farmer perceptions of climate change: Associations with observed temperature and precipitation trends, irrigation, and climate beliefs. *Global Environmental Change*, 39, 133-142. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.002>

Palheta, I.C.; Sousa, S. R.; Paiva, G. S. S. & Martins, R. A. (2023). Alfabetização e letramento científico na Educação Básica: experiências pedagógicas. *Revista Educação Pública*, Rio de Janeiro, 23(1). Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/10/alfabetizacao-e-letramento-cientifico-na-educacao-basica-experiencias-pedagogicas>
<http://hdl.handle.net/10183/243438>

Pasquali, L. (2017). *Psicometria: Teoria dos testes na psicologia e na educação* (5ª ed.). Petrópolis, RJ: Editora Vozes.

R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R version 4.4.2 <https://www.R-project.org/>

Richter, M.; de Lara, D. & Andreazza, R. (2021). Educação Ambiental e Gases do Efeito Estufa (GEE): uma abordagem do papel do metano para Educação Básica. *Revista Brasileira de Educação Ambiental* (RevBEA). 16. 431-445. <http://dx.doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.12400>

Rodrigues, M. M. M. (2006). Proposta de análise de itens das provas do SAEB sob a perspectiva pedagógica e psicométrica. *Estudos em Avaliação Educacional*, 17(33), 117–146. <https://doi.org/10.18222/ae.v17i33.2117>

Saraiva, A. (2023). *Selva: Madeireiros, garimpeiros e corruptos na Amazônia sem lei*. Editora História Real: Rio de Janeiro. 256p.

Sartes, L. M. A., & Souza-Formigoni, M. L. O. (2013). Avanços na psicometria: da Teoria Clássica dos Testes à Teoria de Resposta ao Item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26(4), 617–625. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722013000400005>

SEDUC [Secretaria Estadual de Educação do Estado do Amazonas]. (2020). *Referencial Curricular Amazonense Fundamental II* [RCA]. (<https://www.sabermais.am.gov.br/pagina/jornada-pedagogica-2020-referencial-curricular>). Acesso em 04 de setembro de 2025.

Serrão, L. F. S., Jr., R. C., Conrado, A. L., Cury, F., & Lima, A. L. D. (2016). A experiência de um indicador de letramento científico. *Cadernos De Pesquisa*, 46(160), 334–361. <https://doi.org/10.1590/198053143498>

Silva, A. F.; Ferreira, J. H. & Viera, C. A. (2017). O ensino de Ciências no Ensino Fundamental e Médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. *Revista Exitus*, 7(2), 283-304, 2017. <http://dx.doi.org/10.24065/2237-9460.2017v7n2ID314>

Silva, A.X.; Cusati, I.C. & Guerra, M.G.G.V. (2018). Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade: dos conhecimentos e suas histórias. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 13(03), 979-996. <http://dx.doi.org/10.21723/riaee.v13.n3.2018.11257>

Tsai, D.; Holz, C.; Ishisaki, F.; Potenza, R. Quintana, G.; Piatto, M. et all. (2024). Bases para proposta de 2a NDC para o Brasil (2030-2035). Observatório do Clima – SEEG - https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/12/Brasil2045_Bases_NDC.pdf

Urbina, S. (2007). *Fundamentos da testagem psicológica*. (2ª ed.). Artmed.

Soares, D. J. M. (2018). *Teoria clássica dos testes e teoria de resposta ao item aplicadas em uma avaliação de matemática básica* [Universidade Federal de Viçosa]. <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/33f41f13-10c1-41f9-a6b9-98ae02006ff4/content>

United Nation. (2015). United Nations General Assembly. *International Journal of Marine and Coastal Law*, 25(2), 271–287. <https://doi.org/10.1163/157180910X12665776638740>

Vitor, F. C., & Silva, A. P. B. da. (2017). Alfabetização e educação científicas: consensos e controvérsias. *Revista Brasileira De Estudos Pedagógicos*, 98(249), 410–427. <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.98i249.2637>

Vizzotto, P. A., & Mackedanz, L. F. (2018). Teste de Alfabetização Científica Básica: Processo de redução e validação do instrumento na língua portuguesa. *Revista Prática Docente (RPD)*, 3(2), 575–594. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2018.v3.n2.p575-594.id251>

Vizzotto, P. A., & Mackedanz, L. F. (2020). Análise Psicométrica Do Teste De Alfabetização Científica Básica Simplificado. *Vidya*, 40(1), 315–333. <https://doi.org/10.37781/vidya.v40i1.3109>

Zogahib, A.L.N.; Lima, R.S.; Silva, M.C.S. & Santos, J.F. (2024). Mudanças climáticas e seus impactos nas cidades: estudo de caso do fenômeno da seca no Estado do Amazonas, Brasil. *Research, Society and Development*, 13(9). <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i9.46940>

Submetido: XX/XX/XXXX

Aprovado: XX/XX/XXXX

Editor(a) de seção:

DECLARAÇÃO SOBRE DISPONIBILIDADE DE DADOS

(Em anexo o **Formulário de Conformidade com a Ciência Aberta - SciELO**)

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

(especificar cada contribuição, de acordo com as normas da revista: CRediT (Contributor Roles Taxonomy) que é mantido pelo [Consortia for Advancing Standards in Research Administration Information](https://casrai.org/) (CASRAI)

Maria Inês Gasparetto Higuchi – Metodologia, participação ativa na análise dos dados e escrita revisão e edição.

Genoveva Chagas de Azevedo – Obtenção de Financiamento, coordenadora do projeto, participação ativa na coleta dos dados e revisão da escrita final.

Adriano José Nogueira Lima – Participação ativa na coleta de dados e análise dos dados e revisão da escrita final.

Valdiek Da Silva Menezes – Participação ativa na análise dos dados e revisão da escrita final.

Niro Higuchi – Obtenção de Financiamento, Recursos e revisão da escrita final.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

AGÊNCIAS DE FOMENTO - AGRADECIMENTOS

À FAPEAM pelo financiamento do projeto no Edital Humanitas e ao CNPq pelo aporte financeiro e bolsas produtividade em pesquisa de três autores.

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa- CAAE 67448523.2.0000.0006 e parecer nº 5.952.658

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.