

OS IMPACTOS DAS AÇÕES HUMANAS NO PLANETA TERRA: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR EM UM MUSEU INTERATIVO

Diodana Negrini Lisboa¹
Paulo Diego de Oliveira Navossat²
Scheila da Rosa Rocha Serafim³
Isabel Cristina Machado de Lara⁴

Resumo: Este artigo apresenta uma análise de uma proposta de ensino desenvolvida tendo como recurso pedagógico um museu interativo. Tem como objetivo compreender as contribuições da utilização da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino para a alfabetização científica acerca dos impactos das ações humanas no planeta Terra, a partir da visita ao Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. A proposta foi elaborada e desenvolvida em uma turma de estudantes de sétimo e nono ano do Ensino Fundamental, perfazendo as três etapas da Modelagem Matemática, na perspectiva de Biembengut (2016): sensibilização; compreensão; validação. Por meio de dois questionários foram coletados dados, analisados com base no método da Análise Textual Discursiva, conforme Moraes e Galiazz (2013). Da análise das respostas dadas pelos estudantes emergiram 16 categorias finais as quais evidenciam que os experimentos interativos presentes no museu, tornaram a aprendizagem dos estudantes mais dinâmica criando condições para reflexões sobre os conceitos abordados. Mostra o desenvolvimento da alfabetização científica, após a aplicação das atividades, uma vez que os estudantes foram capazes de ter narrativas por meio das quais evidenciaram entender o funcionamento dos fenômenos, não

1 Licenciada em Ciências Biológicas; Mestra em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS); Professora de Biologia da rede estadual de ensino.

2 Licenciado em História e Mestre em Educação pela PUCRS; Professor de História no Ensino Fundamental e Médio do ensino privado.

3 Licenciada em Matemática – pela Universidade Estatal de Santa Catarina (UNESC); Mestra em Educação pela PUCRS; Gestora Escolar e Professora de Matemática da Secretaria Municipal de Educação de Criciúma.

4 Doutora em Educação, Mestra em Educação, Licenciada em Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Pós-Doutoramento no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS; Professora da Escola Politécnica e dos Programas de Pós-graduação em Educação e em Educação em Ciências e Matemática da PUCRS.

reproduzindo apenas o que escutam no dia a dia, mas utilizando respostas mais elaboradas se referindo a conceitos que entendiam de forma abstrata com uma linguagem científica.

Palavras-chave: modelagem; museu interativo; proposta de ensino; educação ambiental.

THE IMPACTS OF HUMAN ACTIONS ON PLANET EARTH: AN INTERDISCIPLINARY PROPOSAL IN AN INTERACTIVE MUSEUM

Abstract: This article presents an analysis of a teaching proposal developed using an interactive museum as a pedagogical resource. Its aim is to understand the contributions of using Modeling in Science and Mathematics as a teaching method for scientific literacy about the impacts of human actions on planet Earth, based on a visit to the Museum of Science and Technology at the Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul. The proposal was designed and implemented with a group of 7th and 9th-grade students, covering the three stages of Mathematical Modeling, according to Biembengut's perspective: sensitization, understanding, and validation. Data were collected through two questionnaires and analyzed using the Discursive Textual Analysis method, as described by Moraes and Galiazzzi. From the analysis of the students' responses, 16 final categories emerged, highlighting that the interactive experiments present in the museum made the students' learning more dynamic, fostering reflections on the concepts discussed. The study shows the development of scientific literacy after the activities were carried out, as the students were able to create narratives that demonstrated their understanding of how phenomena work, moving beyond simply reproducing what they hear in everyday life, and instead using more elaborate responses that referred to concepts they understood abstractly, using scientific language.

Keywords: modeling; interactive museum; teaching proposal; environmental education.

1 INTRODUÇÃO

Nos primeiros anos da década de 2020 vem sendo observadas, por intermédio dos meios de comunicação, catástrofes climáticas e fenômenos da natureza bem mais intensos que em anos anteriores. Além disso, destaca-se a ocorrência, cada vez mais rápida em relação ao clima mundial e suas implicações.

De acordo com o Relatório de 2022 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), as mudanças climáticas podem ser ainda mais significativas nos próximos anos devido, principalmente, à emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono, proveniente da ação humana. O aumento desse gás se deve à utilização de petróleo, gás e carvão por meio da queima de combustíveis e da destruição das florestas tropicais. Ainda de acordo com o IPCC, algumas perturbações no clima já são inevitáveis (IPCC, 2022).

Diante disso, torna-se relevante oportunizar discussões e reflexões sobre essa temática em sala de aula por meio de propostas de ensino inovadoras. Tal possibilidade é proporcionada pela disciplina Museu Interativo do Programa de Pós-Graduação em Educação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Utilizando-se de métodos de ensino e recursos pedagógicos, propostas

interdisciplinares são elaboradas e desenvolvidas com estudantes da Educação Básica. Com essa perspectiva, este artigo tem como objetivo compreender as contribuições da utilização da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino para a alfabetização científica acerca dos impactos das ações humanas no planeta Terra, a partir da visita no Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS (MCT-PUCRS). Para tanto foi desenvolvida uma proposta interdisciplinar de ensino com o tema “Ações humanas no Planeta Terra”, considerando as mudanças climáticas que atravessam o planeta Terra e a necessidade de possibilitar aos estudantes da Educação Básica debaterem e refletirem a respeito de questões de sustentabilidade ambiental, propiciando a compreensão e a interpretação de problemas reais.

A proposta foi composta por atividades desenvolvidas no espaço formal da sala de aula e não formal do MCT-PUCRS com a finalidade de promover a compreensão da realidade, potencializar a aprendizagem e possibilitar reflexão sobre os impactos das ações humanas sobre a natureza. Participaram das propostas um grupo de estudantes de sétimo e nono ano do Ensino Fundamental de uma escola privada do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), totalizando 33 estudantes.

Como método de ensino com pesquisa, optou-se pela Modelagem em Ciências e Matemática na Educação, com base nas etapas propostas por Biembengut (2016). Considera-se que ao aliar a Modelagem à função pedagógica do MCT-PUCRS crie-se um caminho para propiciar aos estudantes aprendizagens com maior significado.

A proposta de ensino foi desenvolvida em 16 horas, o que corresponde a 20 períodos e contou com a participação de professores de Matemática, História, Biologia e Geografia. Para compreender as implicações da proposta na aprendizagem dos estudantes, eles responderam um questionário semiestruturado antes do início da proposta e outro ao final da proposta. As respostas obtidas constituíram o *corpus* de análise o qual foi analisado por meio da Análise Textual Discursiva (ATD), segundo Moraes e Galiazzzi (2013). Este artigo está organizado em cinco seções: Introdução; Alguns aportes teóricos; Procedimentos Metodológicos; Análise de dados; Considerações Finais.

2 ALGUNS APORTES TEÓRICOS

Antes de elaborar a proposta de ensino os pesquisadores, por meio da disciplina Museu Interativo, aprofundaram temas que serviram como alicerce para pensar as atividades que compuseram a proposta, sejam eles: Modelagem em Ciências e Matemática; Museu Interativo; Alfabetização Científica; e, Interdisciplinaridade.

2.1 Modelagem Matemática

A Modelagem Matemática, surgiu na década de 1970 como uma abordagem metodológica que envolve um processo investigativo de busca de soluções para os problemas da realidade. Biembengut (2016) define a Modelagem como o processo percorrido para a obtenção de modelos. Conforme D'Ambrosio (1999), “[...]

modelar é uma estratégia que oferece ao ser humano a oportunidade de exercer seu poder em uma análise global da realidade [...]”, além disso, “[...] auxilia na sua sobrevivência e transcendência desde o momento que começou a criar ferramentas e instrumentos para lidar com a realidade”.

Para Bassanezi (2002, p. 16), “[...] a modelagem consiste na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem do mundo real”. A literatura tem apresentado experiências de Modelagem que variam quanto às atribuições do professor e do estudante. Em estudos posteriores, Biembengut (2016) amplia o processo de Modelagem para o ensino de Ciências, compreendendo que esse método pode ser utilizado por qualquer área do conhecimento. Para a utilização, em sala de aula, Biembengut (2016) define três etapas: Percepção e apreensão; Compreensão e explicitação; e, Significação e expressão.

Na primeira etapa, Percepção e apreensão, é feita a identificação da situação problema e a realização de coleta de dados sobre o tema de estudo por meio de leituras em livros, revistas especializadas e/ou *internet*. Nessa fase, conforme Biembengut (2016) é muito importante que sejam descritos detalhadamente os dados levantados, pois serão utilizados durante todo o processo da modelagem.

A segunda etapa, Compreensão e explicitação, consiste na análise criteriosa da situação problema, formulação das hipóteses, confecção do modelo e resolução da situação problema. Segundo Biembengut (2016, p. 107): “Não se trata de um modelo da realidade, mas sim um modelo de uma ‘realidade artificial’ que nos permitirá uma história explicada de uma proposta, uma produção, ou uma teoria a ser construída”. Nessa fase, por meio da explicitação das informações percebidas se chega a um resultado para o que objeto de estudo investigado seja compreendido.

Na terceira etapa, Significação e Expressão, o estudante verifica a validade do modelo por meio dos resultados encontrados. Para Biembengut (2016, p. 109): “O modelo é considerado válido para expressar a situação-problema, fenômeno ou ente modelado e, assim, nos permitir entender, prever, influenciar, saber e agir sobre esse ente”. Logo, o modelo é validado se seu efeito é significativo, caso contrário, as etapas anteriores podem ser retomadas, uma vez que se trata de um processo cíclico.

Para que a proposta da modelagem seja bem-sucedida e os estudantes desenvolvam as três etapas, é necessário que o professor possibilite situações que considerem a realidade do estudante. Conforme Bassanezi (2006), com a Modelagem os processos de ensino e aprendizagem não ocorrem no sentido único do professor para o estudante, mas como resultado da interação do estudante com o seu ambiente natural.

2.2 Museu Interativo

Para algumas pessoas, o termo museu sugere a ideia de locais com artefatos antigos, onde o visitante desempenha apenas uma atitude passiva diante dos objetos. Contudo, diante do papel educativo desempenhado pelos museus, as exposições

interativas visam tornar o conteúdo apresentado acessível para o público ver, sentir e interagir.

Cury (2005) associa o surgimento da interatividade às mudanças nos propósitos dos museus. A autora menciona que as exposições mais antigas eram direcionadas exclusivamente a públicos especializados, deixando para o visitante comum apenas uma atitude passiva diante dos objetos.

No senso comum, as instituições museológicas são consideradas locais de exposição de objetos do passado, no qual informações são transmitidas e os visitantes são vistos apenas como receptores. Contudo, de acordo com Valente (2017, p. 11), “[...] o museu hoje se desvia da posição de “sacralização” do saber para se assumir como recurso cultural que relaciona estreitamente a sociedade com o saber que ela mesmo produz”. Ou seja, em outros tempos os visitantes apenas olhavam as exposições, enquanto, atualmente, os museus interativos possibilitam que o público interaja e reflita a respeito do que vivenciam.

Nesse sentido, Paula e Lara (2014, p. 52) afirmam: “Se antes a aprendizagem nos museus ocorria envolta em reflexões sobre o passado, hoje é possível antever o futuro, tempo ainda não vivido, mas suposto, nos diversos experimentos que lá se encontram”.

Sobre museus interativos, Borges, Lima e Imhof (2008, p. 11) complementam: “O museu surpreende e encanta, mobilizando ações e reações. É possível aprender com prazer, ao ingressar no mundo fascinante da ciência e da tecnologia”. Interatividade é abordada por Lupo (2018, p. 38) como “[...] uma maneira de sugerir o envolvimento do visitante em seus aspectos corporais, sensoriais, mentais, simbólicos e virtuais” e que “[...] incentiva a motivação pessoal dos visitantes, estimulando e mantendo seu interesse pelo processo”. Corroborando, Lara *et al.* (2013, p. 43) apontam que o museu interativo “[...] atrai de modo instigador crianças e adultos que descontraidamente podem ampliar e aprofundar seus conhecimentos em diferentes áreas”.

Conforme Falcão (2007, p. 127) a interatividade “[...] é uma forma efetiva de atrair o grande público para os museus e os centros de ciências”. Logo, os museus interativos de Ciência e Tecnologia desempenham um papel significativo nas propostas pedagógicas inovadoras em sala de aula. Diante da importância da pesquisa na formação do sujeito, os museus interativos são locais onde o conhecimento pode ser construído com participação efetiva.

2.3 Alfabetização científica e interdisciplinaridade

A sala de aula é um ambiente propício para que o indivíduo perceba a sua relação com seu próprio contexto social. Para Sasseron e Carvalho (2011, p. 61), a alfabetização científica tem como objetivo “[...] a formação de cidadãos críticos para a atuação na sociedade [...]”, com o intuito de “[...] preparar os alunos para a vida em sociedade, levando em conta sua atuação cidadã, crítica e responsável” (Sasseron;

Carvalho, 2011, p. 75). Segundo as autoras, cada sujeito é potencial transformador da realidade ao seu entorno.

Como reforça Chassot (2003, p. 99), “[...] ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza”. Ainda segundo o autor:

[...] se faz alfabetização científica quando o ensino da Ciências contribui para a compreensão de conhecimentos, procedimentos e valores que permitem aos estudantes tomar decisões e perceber as utilidades da ciência e de suas aplicações, tanto na melhora da qualidade de vida, quanto às limitações e consequências de seu desenvolvimento [...] (Chassot, 2003, p. 99).

Logo, a alfabetização científica vai além da memorização de conceitos, visa capacitar os estudantes a se tornarem cidadãos informados e críticos, capazes de participar ativamente na sociedade e tomar decisões embasadas em conhecimentos científicos. Para Chassot (2011), é preciso dizer o quanto a divisão em ciências parece inadequada, se considerarmos as suas relações teremos a ciências marcada por “interconexões” e “[...] dentro de uma perspectiva interdisciplinar e contextualizada em oposição à fragmentação e descontextualização do ensino disciplinar” (Chassot, 2011, p. 92).

Creio que há necessidade de finalizar uma discussão sobre alfabetização científica e anunciar a interdisciplinaridade.

Conforme Fazenda (1979, p. 73), “[...] interdisciplinaridade é um termo usado para caracterizar a colaboração entre disciplinas diversas ou entre setores heterogêneos de uma mesma ciência, caracteriza-se por uma intensa reciprocidade nas trocas, visando um enriquecimento mútuo”. A interdisciplinaridade quebra possíveis barreiras entre os componentes curriculares, permitindo que professores de diferentes campos compartilhem suas perspectivas, métodos e abordagens. Isso geralmente resulta em uma compreensão mais abrangente dos fenômenos estudados por meio da diversidade de conhecimentos.

Assim, se propôs uma proposta interdisciplinar desenvolvida em ambientes educacionais formais e informais, abarcando a temática “Ações humanas no Planeta Terra”. O intuito da proposta foi fortalecer o cultivo de uma postura crítica em relação às diversas modalidades de ações humanas diante das crises climáticas e das transformações que se desenrolam de maneira acelerada no cenário climático global. Isso permitiria promover reflexões acerca dos impactos ambientais resultantes de suas escolhas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para essa investigação adotou-se uma abordagem qualitativa, considerando que “[...] os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas, e de complexo tratamento estatístico” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 16). É uma tentativa de compreender os significados e características de situações apresentadas pelos participantes da pesquisa, com o desenvolvimento de uma proposta interdisciplinar

de ensino, centrada na temática ‘Ações humanas no Planeta Terra’, e como contribui com sua alfabetização científica.

Participaram da proposta 33 estudantes de turmas de sétimo e nono ano do Ensino Fundamental de uma escola privada do município de Porto Alegre, RS. A faixa etária dos mesmos está compreendida entre 12 e 15 anos. Os dados foram coletados por meio de dois questionários. O primeiro aplicado no início da proposta, pré-questionário, com o intuito de verificar as percepções iniciais dos estudantes a respeito do tema. O pós- questionário foi realizado ao final da proposta, com a intenção de avaliar de que modo a proposta contribuiu para a aprendizagem do estudante.

Os dados dos questionários foram analisados por meio de Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzzi (2013). A ATD, conforme Moraes e Galiazzzi (2013, p. 7) “[...] corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos”.

Na primeira etapa da análise, a unitarização, o pesquisador analisa os dados e cria novas compreensões do estudo. Na segunda etapa, a categorização, segundo Moraes e Galiazzzi (2013, p. 12), o pesquisador estabelece “[...] relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as, reunindo esses elementos unitários na formação de conjuntos que congregam elementos próximos, resultando daí sistemas de categorias.”. E na terceira etapa, o pesquisador elabora metatextos, incluindo partes dos textos originais relacionando-os com suas análises. A construção de metatextos, enuncia a compreensão sobre a investigação, e por meio deles expressa- se as compreensões das análises (Moraes; Galiazzzi, 2013).

No caso deste artigo, foram desconstruídas as respostas dadas pelos estudantes às questões aplicadas no pré-questionário e no pós questionário. As respostas dos estudantes, a cada uma das perguntas, foram fragmentadas e descritas por códigos e logo categorizadas por meio da semelhança e da articulação dos excertos. Por fim, ocorreu a escrita do metatexto, que sintetiza de forma descrita o estudo com as interpretações dos pesquisadores.

A proposta interdisciplinar apresentada neste artigo foi desenvolvida com a integração dos professores de Ciências, Geografia, História e Matemática seguindo as etapas da Modelagem em Ciências e Matemática propostas por Biembengut (2016).

4 DESCRIÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO

A proposta interdisciplinar teve como tema “Ações humanas no Planeta Terra” e foi desenvolvida em 16 horas/aula na escola, e quatro horas/aula para a realização da visita ao MCT-PUCRS, totalizando 20 horas/aula. Foi organizada a partir das etapas da Modelagem propostas por Biembengut (2016).

Etapa1: Percepção e apreensão - Sensibilização: duração 2 horas/aula

Nesta etapa, os professores/pesquisadores apresentaram a proposta para os estudantes e um panorama geral do projeto, comentando as atividades propostas. Aplicou-se o pré-questionário identificando os conhecimentos prévios dos estudantes e apresentaram-se orientações para a visita ao MCT-PUCRS.

A seguir foi feita a sensibilização dos estudantes, por meio de uma apresentação de vídeos extraídos da internet. Os vídeos têm como título: Love death + robots “os três robôs”; O que causa o efeito estufa. Após os estudantes assistirem aos vídeos, discutiu-se sobre a compreensão das informações obtidas por meio dos vídeos e os possíveis impactos do efeito estufa e o que pode ser feito para diminui-los, com o levantamento de hipóteses junto aos estudantes.

Durante essa atividade destaca-se um posicionamento de preocupação dos estudantes em relação ao panorama atual e possíveis acontecimentos mais agravados no futuro. Verificou-se que os estudantes de fato se envolveram na discussão evidenciando uma sensibilização em relação ao tema proposto.

Etapa 2: Compreensão e explicitação: duração 16 horas/aula

Momento 1 - duração 2 horas/aula: Em sala de aula o professor/ pesquisador de História abordou o tema “Revolução Industrial”. Para auxiliar na compreensão dos estudantes, realizou-se a apresentação do material em formato de slides, enquanto os estudantes anotaram os pontos que consideraram importantes. Discutiram-se as seguintes questões: “O desenvolvimento industrial pensa no meio ambiente?” e “De que forma a industrialização interfere no meio ambiente?”. Ao final das discussões, com o auxílio da ferramenta de aprendizagem digital “venngage”, ocorreu a construção de um mapa mental com a colaboração de todos. Nesse momento, os estudantes demonstraram entendimento a respeito da atual situação do meio ambiente prejudicado por meio da atividade industrial.

Momento 2 - duração 2 horas/aula: Os estudantes foram encaminhados ao laboratório de informática juntamente com a professora de Geografia e os professores/pesquisadores. No laboratório, os estudantes fizeram coleta de dados sobre alguns temas: combustíveis renováveis e não renováveis; aquecimento global; e, efeito estufa. A partir da busca, os professores e pesquisadores discutiram com os estudantes as informações que encontraram sobre cada tema e foi solicitado que elaborassem frases que expressassem o seu entendimento inicial. Entre as frases elaboradas, destacam-se: “*Combustíveis renováveis são aqueles formados por recursos naturais.*⁵”; “*São combustíveis renováveis a madeira e o óleo vegetal.*”; “*Combustíveis não renováveis são aqueles que apresentam fontes finitas de energia.*”; “*São combustíveis não renováveis o petróleo e o gás natural.*”.

Momento 3 - duração 2 horas/aula: A professora/pesquisadora na aula do componente curricular de Matemática, propôs a reflexão e apresentou questionamentos, tais

5 As respostas dos estudantes estão escritas em itálico e entre aspas para diferirem das citações teóricas.

como: Quais as evidências das mudanças climáticas e do aquecimento global no planeta; Quais as consequências e os riscos do aquecimento global para a vida no planeta; Quais são as espécies de animais que poderão ser mais afetadas; Quais as maiores causas do aquecimento global; Discutiu com os estudantes o aumento da concentração dos gases na atmosfera e a relação da quantificação de árvores para neutralizar alguns desses gases. Durante essa discussão, os estudantes citaram informações pesquisadas e coletadas nas aulas anteriores. Logo, os estudantes foram levados ao laboratório de informática e divididos em grupos com 4 ou 5 integrantes, coletaram dados sobre o consumo de combustível (álcool, gasolina e diesel): na cidade; no estado; no país. Em seguida, os grupos fizeram cálculos da quantidade de toneladas de dióxido de carbono que é lançado na atmosfera por conta do consumo desses combustíveis. E por fim, quantificaram o número de árvores necessárias para neutralizar o gás carbônico lançado na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis. Ao final dos cálculos, os resultados foram apresentados em sala para os demais grupos. Por meio de comentários como: “*Será necessário todo um planeta de árvores, para neutralizar o gás carbônico lançado na atmosfera pela queima de combustíveis.*”, foi possível perceber que os estudantes estavam atentos às problemáticas em questão, demonstraram entendimento dos problemas atuais e desenvolveram senso de responsabilidade sobre os desafios relacionados ao meio ambiente.

Momento 4 - duração 4 horas/aula: Visita ao MCT-PUCRS. Chegando ao museu, os estudantes foram organizados em seus grupos com 5 integrantes, previamente definidos, e receberam um roteiro da visita de estudos, a fim de responder às perguntas condutoras da proposta.

Durante a visita, os estudantes demonstraram interesse e participaram ativamente de todas as atividades, estavam muito animados com a saída de estudos. Um considerável número de estudantes nunca havia visitado o museu e aqueles que já tinham feito uma visita, mencionaram que foi há muito tempo. Ao realizarem a proposta, a fim de responderem às perguntas, os estudantes mostraram-se empenhados e interagiram com os experimentos do museu. O experimento Efeito Estufa, dentro de uma cabine fechada, foi o que mais chamou a atenção dos estudantes. Na cabine, a temperatura é quatro graus Celsius maior que a temperatura externa. A sensação impressionou os estudantes, que ao saírem da cabine se diziam abafados e que “[...] *essa seria a vida se mudanças na postura de toda a população mundial não fossem tomadas.*”

Momento 5: duração 1 horas/aula: Em sala de aula, os estudantes discutiram no grande grupo sobre os conhecimentos adquiridos nos espaços visitados no MCT-PUCRS. Elaboraram uma síntese de todas as ações humanas sobre a natureza que impactam o planeta e ainda quais ações para impedir esses efeitos. Por meio da descrição realizada, os estudantes divididos em grupos, escolheram uma “*ação humana sobre a natureza*” de interesse comum ao grupo, para reproduzi-lo. A maioria deles escolheu fazer maquetes que representassem ações humanas que estão prejudicando o meio ambiente e que precisam ser evitadas, fiscalizadas e combatidas.

Momento 6: duração 5 horas/aula: Cada grupo definiu o modelo para confecção da maquete com a ajuda dos professores/pesquisadores e a professora de Matemática. Durante essa fase, os estudantes buscaram respostas às suas hipóteses e aprenderam sobre conceitos necessários para produzir o modelo. Os assuntos escolhidos pelos grupos foram: Poluição das praias; Poluição da água dos rios; Industrialização; Desmatamento; Descarte incorreto do lixo.

Etapa 3: Significação e expressão - Validação do modelo: duração 2 horas/aula

Em sala de aula, cada grupo apresentou o modelo criado para os demais colegas e professores. Na Figura 1 estão apresentadas as maquetes desenvolvidas pelos estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. Nessa etapa da Modelagem ocorre a significação na interpretação da solução, validação do modelo e a expressão do processo e do resultado. Os colegas, enquanto assistiam à apresentação, receberam uma ficha de avaliação dos modelos dos apresentadores.

Figura 1: Maquetes construídas pelos estudantes



Fonte: Arquivo dos autores (2023)

Como forma de avaliação do trabalho, foram considerados o processo compreendido por eles, da ação do homem, já realizada no planeta Terra e as novas práticas que podem ser feitas para que as pessoas tenham um mundo mais sustentável. Para finalizar a atividade foi realizado um pós questionário aferindo contribuições da utilização da Modelagem em Ciências e Matemática como método

de ensino para a alfabetização científica acerca do tema estudado, a partir da visita ao MCT-PUCRS.

5 ANÁLISE DOS DADOS

Para alcançar o objetivo proposto neste artigo, foram feitas perguntas semelhantes no pré-questionário e no pós-questionário. Para compreender as contribuições da proposta de ensino para a alfabetização científica dos estudantes optou-se por analisar as perguntas individualmente identificando nos pré e pós-questionários os deslocamentos das respostas.

Responderam ao pré-questionário 29 estudantes, totalizando 116 respostas. Após ler e fragmentar cada uma das respostas dadas pelos estudantes, foi feita uma ressignificação de cada fragmento que possibilitou o estabelecimento de 192 unidades de sentido, as quais originaram 62 categorias iniciais que ao serem aproximadas por semelhanças possibilitaram 29 categorias intermediárias. Do agrupamento das categorias intermediárias, novamente por semelhança, emergiram 18 categorias finais.

Em relação ao pós-questionários, constaram 26 estudantes respondentes. Após a fragmentação identificaram-se 220 unidades de sentidos, das quais originaram-se 12 categorias iniciais, 25 categorias intermediárias, cuja aproximação, por semelhança, possibilitaram 16 categorias finais emergentes.

Com o intuito de identificar de que modo o estudante percebe as mudanças climáticas foi feita a seguinte pergunta no pré-questionário: **Você percebe que o mundo está passando por mudanças climáticas? Se sim, de que modo você percebe isso?**. Para apresentar a categorização feita das respostas dadas a essa pergunta elaborou-se o Quadro 1.

Quadro 1: Categorias emergentes da pergunta 1 do pré questionário

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
Chuvas intensas (8)	Desregulação nos eventos naturais do planeta (14)	Percepção por meio da desregulação nos fenômenos naturais no planeta (44)
Ciclones (4)		
Aumento de tempestades (1)		
Desastres naturais (1)		
Mudanças de temperatura (3)		
Calor intenso (17)	Mudanças drásticas da temperatura em todo o planeta (23)	
Planeta com aumento de temperatura (3)		
Queimadas (1)	Aumento de seca e queimadas (5)	
Seca (4)		
Estações do ano irregulares (2)	Estações do ano irregulares (2)	
Aquecimento global (2)	Aquecimento global com o derretimento das calotas polares (5)	Percepção por meio do aquecimento global e suas consequências (5)
Derretimento das Calotas polares (3)		
Informações por meio de noticiários (2)	Informações por meio de noticiários (2)	Percepção por meio dos noticiários (2)
Total: 13	Total: 6	Total: 3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme o Quadro 1, foi possível identificar categorias que demonstram que a maioria dos estudantes já possui uma percepção bem consistente em relação a aspectos das mudanças climáticas que estão ocorrendo no planeta.

Ao término da proposta essa pergunta foi feita com uma nova formulação: **Após a proposta de ensino, de que modo você percebe as mudanças climáticas que o mundo está passando?** As respostas foram fragmentadas e categorizadas conforme o Quadro 2.

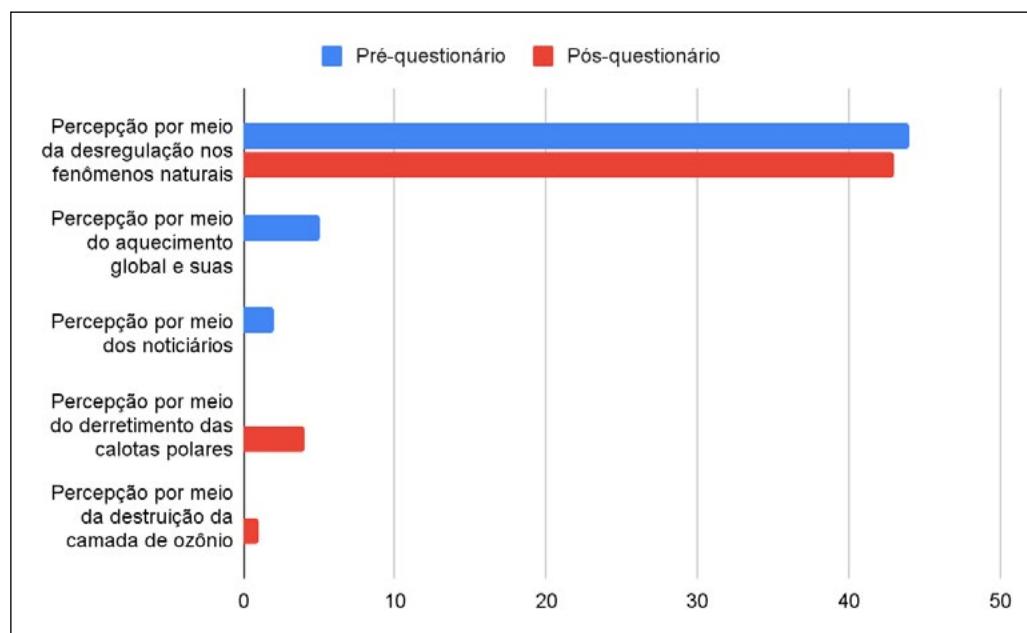
Quadro 2: Categorias emergentes da pergunta 1 do pós-questionário

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
Chuvas intensas (6)	Desregulação nos eventos naturais do planeta (12)	Percepção por meio da desregulação nos fenômenos naturais no planeta (43)
Desastres ambientais com maior frequência (6)		
Calor intenso (12)	Mudanças drásticas da temperatura em todo o planeta (26)	
Mudanças climáticas (5)		
Aumento da temperatura da terra (9)		
Seca (5)	Aumento de seca (5)	
Derretimento das calotas polares (4)	Derretimento das calotas polares (4)	Percepção por meio do derretimento das calotas polares (4)
Camada de ozônio (1)	Destrução da camada de ozônio (1)	Percepção por meio da destruição da camada de ozônio (1)
Total: 8	Total: 5	Total: 3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para fazer um comparativo entre as categorias finais emergentes em cada momento da proposta, início e final, foi elaborado o Gráfico 1.

Gráfico 1: Comparativo das categorias emergentes da pergunta 1 no pré e pós questionários



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir do Gráfico 1, é possível perceber que a primeira categoria, **Percepção por meio da desregulação nos fenômenos naturais no planeta**, teve a maior incidência em ambos os questionários. Verifica-se uma repetição de algumas percepções, como por exemplo: “*Sim, chuvas intensas por longos períodos de tempo, calores alarmantes, grandes secas*” (E0101), “*Sim, tanto por conta de ciclones e chuvas quanto pelo calor e inundações*” (E0115), “*Sim, cada vez mais aumento das chuvas e temperaturas*” (E0129)⁶. Isso indica que a maioria dos estudantes já possuia essa percepção antes da proposta, quando comparado as 43 categorias iniciais no pré-questionário com as 44 do pós.

Portanto, isso possibilita perceber que o tema mudanças climáticas já vêm sendo debatido dentro e fora da escola, devido a urgência de providências a serem tomadas. Em seus estudos, Anápolis (2018) afirma que o ser humano deixa para tomar iniciativas efetivas quando realmente já se está em um nível muito elevado de danos irreversíveis, então ele percebe a urgência de uma mudança necessária no quadro atual. Nesse sentido, os estudantes comentam o quanto hoje é debatido o assunto, principalmente devido aos eventos de desastres naturais serem tão frequentes em 2023 no Rio Grande do Sul.

A categoria final emergente no pré-questionário **Percepção por meio do aquecimento global e suas consequências**, adveio de afirmações como: “*Sim, chuva com muita frequência e um calor muito intenso*” (E0126), “*Sim, aquecimento Global*” (E0108), “*sim, com as temperaturas extremas, geleiras derretendo, secas extremas*” (E0123). Já no pós-questionário essa categoria foi reduzida para **Percepção por meio do derretimento das calotas polares**, devido a fragmentos específicos acerca das calotas polares: “[...] *calor extremos e derretimento das calotas polares*” (E0120). Isso pode ser resultado da intervenção midiática, pois em seus estudos, Flores (2022) destacou que o derretimento das geleiras é um dos efeitos mais divulgados pela mídia e, consequentemente, o mais conhecido pelos estudantes. Esse fenômeno foi evidenciado nas respostas dos estudantes, que geraram a nova categoria final emergente: **Percepção por meio da destruição da camada de ozônio**. Essa categoria surgiu após o desenvolvimento da proposta e trouxe um exemplo de mudança climática causada pela ação humana, aspecto que não havia sido mencionado no pré-questionário. Um exemplo dessa percepção é a resposta do estudante (E0123): “*Como consequência da poluição extrema no mundo, “rasgando” a camada de ozônio*”.

Antes do desenvolvimento da proposta, alguns posicionamentos eram superficiais, como o apresentado pelo E0107: “*Sim, com estações mal distribuídas*”. Além disso, a categoria **Percepção por meio dos noticiários** demonstra que um dos estudantes não conseguiu citar exemplos de mudanças climáticas como os demais colegas: “*Eu percebo isso com o calor e as notícias*” (E0306). Esse estudante baseava suas ideias sobre as mudanças climáticas nas informações recorrentes dos

6 Cada resposta será indicada pelo código Exy, onde x significa o número da pergunta e y o número do estudante.

noticiários, o que mostra o quanto os meios de comunicação são formadores de opinião. Nesse sentido, Tavares alerta

[...] a respeito de mudanças climáticas, suas causas, consequências e ações mitigadoras, a televisão está exercendo um papel mais importante do que a escola, sobretudo quando associada à Internet. Isso é preocupante porque, muitas vezes, os fatos divulgados tanto pelas redes televisivas quanto pela rede mundial de computadores são alarmistas e desprovidos de fundamentos científicos (2010, p. 12).

Ao final da proposta verificou-se um posicionamento mais aprofundado deste estudante ao afirmar que: “*O desmatamento das florestas, incêndios da Amazônia, fábricas poluindo usinas de carvão poluindo, usinas nucleares criando lixo radioativo*” (E0306). Por meio de movimentos como esse é possível perceber um avanço na formulação de respostas pelos estudantes, em relação a fenômenos que antes eram compreendidos de forma superficial ou sem explicação clara. Ao término da proposta, nota-se que as respostas estão mais fundamentadas no que foi discutido durante as atividades realizadas no MCT-PUCRS, o que evidencia que essas atividades contribuíram para uma alfabetização científica. Nesses fragmentos, identifica-se um dos critérios estabelecidos por Sasseron e Carvalho (2011) para a alfabetização científica, além do uso de conceitos científicos, identifica-se a capacidade do estudante de integrar valores e tomar decisões conscientes em seu cotidiano.

Em relação à segunda pergunta: **Na sua opinião, o planeta está sofrendo com essas mudanças climáticas? Se sim, explique como**, elaborou-se o Quadro 3 com a categorização do pré-questionário.

Quadro 3: Categorias da pergunta 2 do pré questionário

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
Derretimento das calotas polares (6)	Oceanos aumentando o nível e acidificando (7)	Aumento do nível dos oceanos e sua acidificação (7)
Acidificação dos oceanos (1)		
Extinção dos animais (3)	Extinção de animais (3)	Extinção de animais (3)
Calor intenso (4)	Mudanças drásticas da temperatura em todo o planeta (17)	Desregulação nos fenômenos naturais no planeta (20)
Aumento temperatura (5)		
Mudanças climáticas (8)		
Desastres naturais (3)	Desastres naturais (3)	
Desregulação do crescimento das plantas (2)	Desregulação do crescimento das plantas (2)	Desregulação na flora (2)
Poluição (4)	Industrialização causando poluição atmosférica (6)	Industrialização e queimadas causando poluição atmosférica (12)
Industrialização (2)		
Queimadas (2)	Queimadas (2)	
Extração de petróleo (2)	Extração de petróleo (2)	
Total: 12	Total: 8	Total: 5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme apresentado no Quadro 3, surgiram cinco categorias finais sobre a percepção dos estudantes em relação às mudanças que o planeta está enfrentando. A maioria das respostas fornecidas pelos estudantes foram mais concisas, resultando em uma categorização desenvolvida a partir de pequenos fragmentos de informações.

No pós-questionário, essa pergunta foi reformulada para: **Quais são as principais consequências das mudanças climáticas no planeta?** As categorias emergentes da análise são apresentadas no Quadro 4. Emergiram cinco categorias finais relacionadas ao entendimento dos estudantes sobre as mudanças enfrentadas pelo planeta. Entre essas categorias, destacam-se “Queimadas causando poluição atmosférica” e “Impactos na agricultura”.

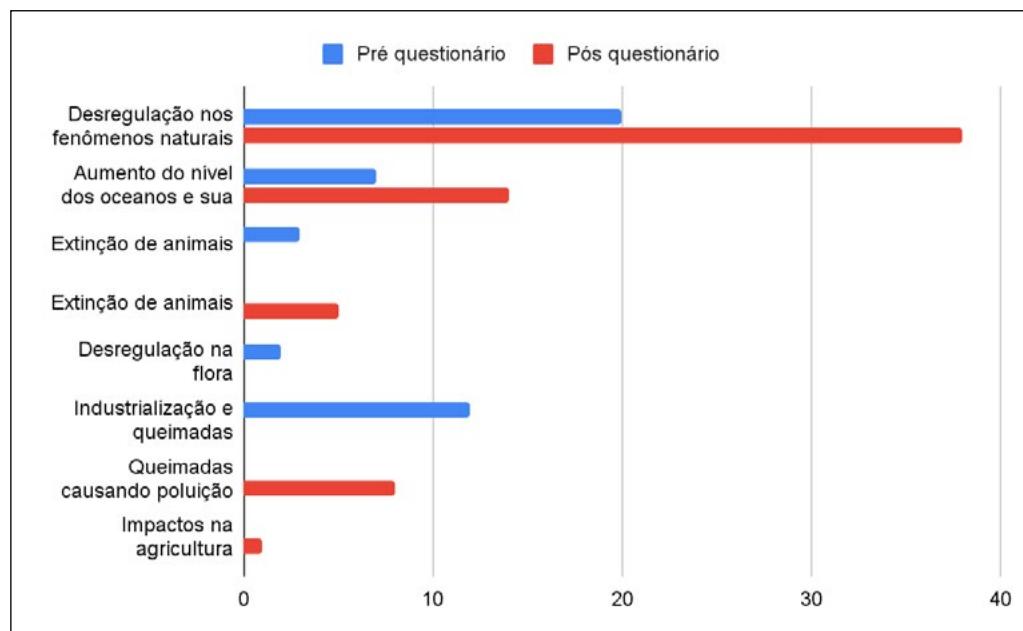
Quadro 4: Categorias emergentes da pergunta 2 do pós-questionário

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
Calor intenso (12)	Mudanças drásticas da temperatura em todo o planeta (28)	Desregulação nos fenômenos naturais no planeta (38)
Aumento temperatura (8)		
Mudança climática (1)		
Desastres naturais (7)	Desastres naturais (10)	
Secas (3)		
Poluição (5)	Poluição (5)	Queimadas causando poluição atmosférica (8)
Queimadas (3)	Queimadas (3)	
Derretimento das calotas polares (14)	Oceanos aumentando o nível (14)	Aumento do nível dos oceanos (14)
Extinção dos animais (5)	Extinção dos animais (5)	Extinção dos animais (5)
Impactos na agricultura (1)	Impactos na agricultura (1)	Impactos na agricultura (1)
Total: 10	Total: 7	Total: 5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para fazer um comparativo entre as categorias finais emergentes, antes e depois da proposta, foi elaborado o Gráfico 2.

Gráfico 2: Comparativo das categorias emergentes da pergunta 2 no pré e pós questionários



Fonte: Elaborado pelos autores.

Novamente, a categoria **Desregulação nos fenômenos naturais no planeta** teve a maior incidência em ambos os momentos da proposta, conforme Gráfico 2. Observa-se a recorrência de algumas percepções, como: “É perceptível por conta do calor acima da média em boa parte das regiões terrestres, a chuva e tempestades fora do comum e os recorrentes desastres naturais.” (E0213), “Sim, por causa das mudanças climáticas, queimas, desastres naturais, poluição no ar, secas e entre outros motivos.” (E0222), “Sim, em lugares que não deixariam está muito calor e em outros está extremamente frio e chuvoso.” (E0225). Em uma das atividades realizadas no MCT-PUCRS, foi possível ampliar a compreensão da maioria dos estudantes sobre os fenômenos que observam no dia a dia. Na área dos “Biomias”, por exemplo, eles entenderam de forma mais aprofundada a devastação provocada pela interferência humana.

É importante reconhecer que os estudantes, assim como o restante da sociedade, não estão alheios às questões climáticas e ambientais. Embora possa haver uma parcela que ainda careça de um entendimento intelectual profundo sobre o tema, conforme mencionado por Anápolis (2018, p. 7), a temática não é nova para a sociedade:

Este não é mais um assunto desconhecido da sociedade, a quantidade de desinformados do assunto pode sim existir, mas é para uma minoria que possa não saber de maneira intelectual, porém na forma física se sente, por que o

entender climático e ambiental vai além, e está presente em todos os lugares, faz parte da vida (2018, p. 7).

A experiência física desses fenômenos é inescapável. O clima e o ambiente afetam a vida de todos, estando presentes no cotidiano de maneiras tangíveis. Portanto, o papel da escola se torna essencial para fornecer um conhecimento mais estruturado e científico sobre essas questões, ampliando a consciência e a capacidade crítica dos estudantes para que eles possam compreender e se posicionar de forma consciente em relação aos desafios ambientais.

É possível notar que a categoria **Extinção de animais** aparece nos Quadros 3 e 4, indicando uma preocupação crescente por parte dos estudantes, como evidenciado pela afirmação: “*Sim, a mata de árvores e a extinção dos animais*” (E0306). Essa questão também foi frequentemente mencionada no pré-questionário. Além disso, acredita-se que o aumento no embasamento dessa preocupação pode ter sido influenciado pela exposição no totêm ‘Espaço Crises Climáticas’ realizada no MCT-PUCRS. Durante a atividade, o tema foi abordado com as turmas e discutido posteriormente, o que contribuiu para uma compreensão mais aprofundada do assunto.

A categoria final emergente no pré-questionário **Aumento do nível dos oceanos e sua acidificação**, surgiu a partir de fragmentos específicos sobre a acidificação dos oceanos, como evidenciado em respostas como: “*Acidificação dos oceanos*” (E0214). No pós-questionário, essa categoria foi reduzida para **Aumento do nível dos oceanos**, refletido em afirmações como: “*Derretimento das calotas polares aumentando o nível do mar*” (E0220), “*As geleiras derretem*” (E0206). Essa mudança pode ser atribuída às discussões em sala de aula sobre aquecimento global e ao maior entendimento proporcionado durante a visita ao MCT-PUCRS. Na atividade “Crises climáticas e extinções em massa”, os estudantes tiveram a oportunidade de explorar as crises atuais, incluindo o aumento do nível do mar.

A categoria final emergente no pré-questionário, **Industrialização e queimadas causando poluição atmosférica**, é exemplificada pela resposta dada pelo E0216: “*Sim, com indústrias e etc poluindo a terra e a atmosfera fazendo o aquecimento global*” e E0215: “*Sim, o ser humano influência nessas mudanças pelas queimadas, extração de petróleo e fábricas.*” Essa resposta revela uma percepção comum entre os estudantes de que a poluição é uma consequência dos processos industriais e das queimadas. No entanto, de acordo com Flores (2022), a poluição não deve ser vista apenas como uma consequência, mas como uma causa significativa dos problemas ambientais, incluindo o aquecimento global. Visto isso, no pós-questionário essa categoria foi reduzida para **Queimadas causando poluição atmosférica**, adveio de afirmações como: “*Desmatamento, queimas, ar poluído*” (E0222). Percebe-se nas respostas dadas ao pós-questionário que os estudantes mencionaram as queimadas que ocorrem não apenas pelas indústrias. Isso pode ser resultado da realização de atividades desenvolvidas com o professor/pesquisador de História, nas quais discutiu sobre os geradores dessas poluições, não focando na industrialização, mas na consequência das mudanças climáticas.

Outra categoria que surgiu no pré-questionário foi a preocupação dos estudantes com as plantas, **Desregulação na flora**, emergente por meio de respostas como: “*Certas plantas estão amadurecendo antes do tempo*” (E0220) e “*Sim, os biomas da terra estão sendo brutalmente alterados, o que causa desequilíbrio na terra. Exemplo: flor na Antártida*” (E0219). No pós-questionário, essa categoria deu lugar a categoria **Impactos na agricultura** a partir da afirmação de um dos estudantes: “*Impactos na agricultura*” (E0214). A questão da flora e da agricultura foi abordada em uma aula de Ciências realizada durante o projeto, permitindo que os estudantes refletissem não apenas sobre os animais, mas sobre o impacto ambiental causado pela agricultura, especialmente a voltada para a exportação, que muitas vezes é pouco mencionada devido à sua geração de lucro.

Em relação à terceira pergunta: **Na sua opinião o ser humano influencia nessas mudanças? Se sim, cite e explique os exemplos que você conhece de ações do ser humano que ocasiona essas mudanças?** Elaborou-se o Quadro 5 com a categorização do pré-questionário.

Quadro 5: Categorias emergentes da pergunta 3 do pré questionário

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
ser humano responsável pelas mudanças (8)	ser humano responsável pelas mudanças (8)	Ações antrópicas gerando destruição do habitat natural (17)
Desmatamentos (8)	Desmatamentos (8)	
Exploração do ambiente (1)	Exploração do ambiente (1)	
Poluição (9)	Industrialização e Emissão de gases (22)	Industrialização em excesso causando poluição atmosférica (27)
Emissão de gases (10)		
Industrialização (3)		
Extração de petróleo (3)	Extração de petróleo (5)	Consumismo e descarte incorreto de lixo (3)
Combustíveis fósseis (2)		
Consumo exacerbado (1)	Consumo exacerbado e falta de reciclagem (2)	
Falta de reciclar materiais (1)		
Exploração da terra e da água (1)	Exploração da terra e da água (1)	
Total: 11	Total: 7	Total: 3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste quadro, surge a preocupação dos estudantes com o consumismo e a falta de reciclagem, um tópico que não havia sido explorado por eles no pré-questionário. Um exemplo disso é a resposta: “*Consumo excessivo, descarte incorreto do lixo humano, poluição da camada de ozônio e desmatamento das florestas.*” (E0313). Nessa resposta, o “*consumo excessivo*” é identificado como um dos problemas que causam impacto negativo no planeta, sendo relacionado ao descarte inadequado de resíduos. Esse tema foi amplamente discutido enquanto os alunos elaboravam a maquete, permitindo que compreendessem o quanto atitudes individuais também contribuem para as mudanças climáticas. Como destaca Geraldo Pinto: “Somente a sociedade organizada e consciente será capaz de advogar e pôr em prática um novo

paradigma de produção e consumo harmônicos com o meio ambiente e o planeta” (Pinto, 2020, p. 22).

No pós-questionário, essa pergunta foi reformulada para: **Após a proposta de ensino e a visita ao MCT-PUCRS cite e explique as ações, que você conhece, do ser humano que ocasiona mudanças climáticas.** As categorias emergentes da análise são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6: Categorias emergentes da pergunta 3 do pós-questionário

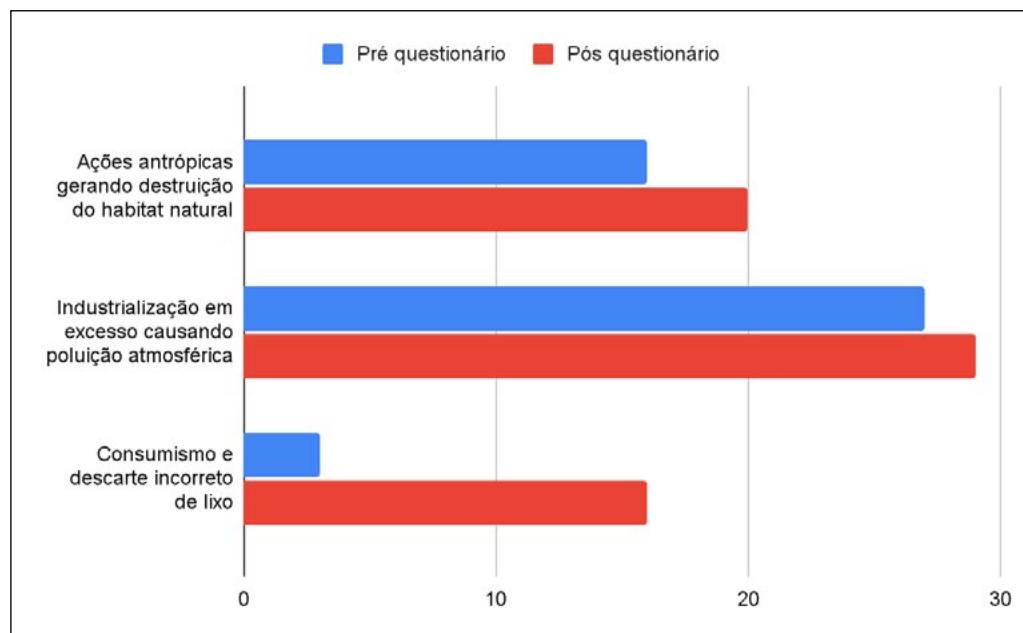
Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
Devastação de florestas (18)	Agricultura como causa principal para o desmatamento (19)	Ações antrópicas gerando destruição do habitat natural (20)
Monocultura (1)	ser humano responsável pelas mudança (1)	
ser humano responsável pelas mudança (1)	ser humano responsável pelas mudança (1)	
Poluição (9)	Industrialização e Emissão de gases (15)	
Emissão de gases (3)		
Industrialização (3)		
Produção de gases tóxicos (2)	Produção de gases tóxicos (4)	Industrialização em excesso causando poluição atmosférica (29)
Produção de metano (1)		
Contaminação com os aérosoides (1)		
Queimas de lixo (2)	Queimas de lixo (2)	
Combustíveis fósseis (7)	Extração de petróleo (8)	
Extração de petróleo (1)		
Descarte incorreto de lixo (12)	Consumo e descarte incorreto de lixo (16)	Consumismo e descarte incorreto de lixo (16)
Consumo excessivo (4)		
Total: 14	Total: 7	Total: 3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para fazer um comparativo entre as categorias finais emergentes em cada momento da proposta foi elaborado o Gráfico 3.

Por meio do Gráfico 3 é possível identificar categorias finais emergentes como **Ações antrópicas gerando destruição do habitat natural**, presente no pré-questionário e pós-questionário tendo uma incidência maior no pós questionário, resultado da atividade “Espaço Mudanças Climáticas e Tecnologias” do MCT-PUCRS que abordava a participação do ser humano nas mudanças climáticas após a Revolução Industrial.

Gráfico 3: Comparativo das categorias emergentes da pergunta 3 no pré e pós questionários



Fonte: Elaborado pelos autores.

Outra categoria que surge em ambos os Quadro, 5 e 6, é **Industrialização em excesso causando poluição atmosférica** com uma a maior incidência do Gráfico 3 o que afirma esta categoria no pré-questionário: “*Sim, as indústrias, o agronegócio e os carros, eles poluem o ambiente por causa da fumaça.*” (E0324) e no pós-questionário evidencia-se uma melhor compreensão do que seria essa “fumaça”: “*A poluição da natureza, emissão de gases como CO₂*” (E0303), “*Utilização de gasolina/petróleo= liberação de CO₂*” (E0324). É possível inferir que essa evolução ocorreu devido à discussão em uma aula de Matemática, que propôs uma reflexão e análise sobre o consumo de combustíveis fósseis, na qual os alunos calcularam a quantidade de toneladas de dióxido de carbono lançadas na atmosfera. Além disso, a primeira atividade realizada no MCT-PUCRS contribuiu para o entendimento dos estudantes sobre a emissão de CO₂ no ar.

Antes do desenvolvimento da proposta, alguns posicionamentos eram superficiais, como o apresentado por (E0320): “*Sim, o ser humano influencia*”. Entretanto, ao final da proposta, observou-se um posicionamento mais completo: “*Queima de combustíveis fósseis, desmatamento, emissões de gases do efeito estufa*” (E0320). Isso indica um progresso no processo de alfabetização científica dos estudantes, convergindo ao dito por Sasseron e Carvalho:

[...] uma visão de mundo mais rica apenas pelo fato de se ver as ciências e suas teorias como construções humanas, mas também se destaca o apreço e

prazer na compreensão dos fenômenos e elementos naturais que fazem parte de nosso dia-a-dia, bem como o reconhecimento da importância das ciências para e na história da humanidade (Sasseron; Carvalho, 2011, p. 12).

A categoria final emergente no pré e pós-questionário, **Consumismo e descarte incorreto de lixo**, surgiu a partir de afirmações como: “*Serem muito consumistas e etc.*” (E0324) no pré-questionário e, após as atividades, “*Consumo excessivo, descarte incorreto do lixo humano*” (E0316), além de “*Não separar o lixo corretamente, gastar menos água e luz*” (E0324). Tal mudança destaca a importância que os estudantes passaram a atribuir ao descarte adequado de resíduos. Muitos incorporaram essa reflexão na confecção da maquete, reforçando o pensamento de “*cuidar do que temos*” (E0409).

Respostas como: “*Queima de combustíveis fósseis, desmatamento, agricultura intensiva e etc*” (E0318), refletem uma preocupação com temas amplamente debatidos atualmente voltados para o agronegócio, que visa enriquecer grandes latifundiários.

Em relação à quarta pergunta: **Explique algumas ações que poderiam ajudar a diminuir esses impactos causados pelas mudanças climáticas**, elaborou-se o Quadro 7 com a categorização do pré-questionário.

Quadro 7: Categorias da pergunta 4 do pré questionário

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
Reducir consumo de água (1)	Conscientização ambiental (10)	Conscientização da população acerca da utilização de recursos finitos (10)
Conscientização ambiental (2)		
Consumo consciente (5)		
Mudança de hábitos (2)		
Separação de resíduos (4)	Separação de resíduos (5)	Separação de resíduos (8)
Diminuir plásticos (1)		
Redução dos Lixo nos oceanos (3)	Redução dos Lixo nos oceanos (3)	
Diminuir desmatamento (7)	Diminuir desmatamento; Reflorestando (13)	Reflorestar ambientes mais degradados (14)
Reflorestamento (6)		
Cuidado ao planeta (1)	Cuidado ao planeta (1)	
Reducir poluição (9)	Reducir a poluição e diminuir o uso de combustível fóssil (16)	Reducir a poluição e diminuir o uso de combustível fóssil (16)
Diminuição do uso de combustível fóssil (7)		
Utilizar energias limpas (5)	Utilizar energias limpas (5)	Utilizar energias limpas (7)
Agricultura sustentável (1)		
Tecnologias sustentáveis (1)	Tecnologias sustentáveis (2)	
Total: 15	Total: 7	Total: 5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nessa categorização, observa-se a necessidade de reflorestamento levantada pelos estudantes, com alertas como: “*Diminuir o desmatamento*” (E0402), “*usando painel solar por gastar menos energia e parando de usar combustíveis fósseis*” (E0429), “*Meios de transporte e usinas de matéria mais sustentáveis (E0423)* e “*Pararem as queimadas e desmatamento, assim como a poluição.*” (E0419). O desmatamento é amplamente reconhecido como um dos maiores problemas ambientais do século (Bispo, 2023), algo que foi percebido pelos estudantes durante a visita ao museu e vinculado ao aprendizado em sala de aula, o mesmo autor destaca:

A questão do desmatamento tomou grandes proporções a partir da Revolução Industrial. A introdução de novas tecnologias (que proporcionaram o aumento da produção industrial) e o consumo (que aumentou consideravelmente) fizeram com que diversas florestas temperadas e tropicais fossem devastadas, a fim de atender a essa nova demanda (Bispo, 2023, p. 17).

No pós-questionário, essa pergunta foi reformulada para: **Cite ações que podem ser feitas para diminuir as mudanças climáticas.** As categorias emergentes da análise das respostas são apresentadas no Quadro 8.

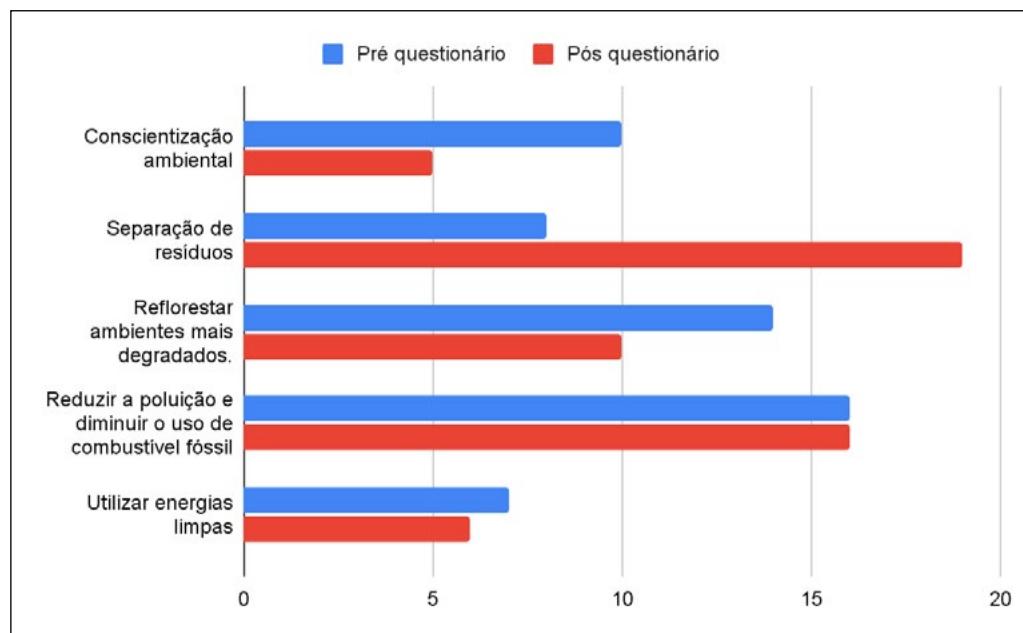
Quadro 8: Categorias da pergunta 4 do pós-questionário

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
Conscientização ambiental (5)	Conscientização ambiental (5)	Conscientização ambiental (5)
Separação de resíduos (6)		
Reciclagem (3)	Separação de resíduos (18)	Separação de resíduos (19)
Reutilizar (9)		
Redução dos Lixo nos oceanos (1)	Redução dos Lixo nos oceanos (1)	
Reducir poluição (11)	Reducir a poluição e diminuir o uso de combustível fóssil (16)	Reducir a poluição e diminuir o uso de combustível fóssil (16)
Diminuir o uso de combustíveis fósseis (2)		
Transporte sustentável (2)		
Uso de energias renováveis (3)	Utilizar energias limpas (6)	Utilizar energias limpas (6)
Tecnologias sustentáveis (1)		
Diminuir desmatamento (6)	Diminuir desmatamento; Reflorestando (10)	Reflorestar ambientes mais degradados. (10)
Reflorestar (4)		
Total: 12	Total: 6	Total: 5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para fazer um comparativo entre as categorias finais emergentes em cada momento da proposta foi elaborado o Gráfico 4.

Gráfico 4: Comparativo das categorias emergentes da pergunta 4 no pré e pós questionários



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Gráfico 4 mostra categorias emergentes como **Conscientização ambiental** que representa uma parte significativa no pré-questionário com 10 unidades de significado estabelecidos a partir de fragmentos como: “*projetos para evitar essas mudanças e conscientização*” (E0415). No pós-questionário, essa mesma categoria apresentou mais elementos de reflexão: “*Conscientizar as pessoas do que está acontecendo para que mudem suas práticas que prejudicam a atmosfera*” (E0415). Isso demonstra que, possivelmente, houve o desenvolvimento da alfabetização científica durante as atividades realizadas. É possível identificar uma mudança na escrita dos estudantes diante das percepções ambientais, pois a alfabetização científica é compreendida como a relação entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Sasseron; Carvalho, 2011).

A categoria **Separação de resíduos** apresentou uma maior incidência, especialmente no pós-questionário, com os estudantes mencionando: “*Reciclar o lixo*” (E0404), “*parar de produzir exageradamente lixo*” (E0421). A atividade de construção de maquetes estimulou o desenvolvimento de materiais, como mostrado na Figura 1, e promoveu discussões sobre a relação com a reciclagem de resíduos. Isso destaca a importância da Modelagem em Ciências e Matemática no entendimento dessas questões:

[...] o modelo permite descrição e explicação simplificada e resumida das operações do sistema em que a situação problema se encontra, ou mesmo

inspiração, ideias a enveredar. Vale para explorar a estrutura da situação problema e revelar caminhos na ação que possam ter passados despercebidos (Biembengut, 2016, p. 88).

Surgiu como categoria emergente em ambos os Quadros 7 e 8 a categoria **Reflorestar ambientes mais degradados**. No pré-questionário, os estudantes mencionaram: “*plantar mais árvores*” (E0422). Ná no pós-questionário, as respostas evoluíram para: “*restauração das florestas*” (E0415), “*Combater desmatamento e plantar novamente o que foi cortado árvores em geral*” (E0423). Além disso, houve um entendimento mais aprofundado sobre as consequências dessas ações, como evidenciado na afirmação: “*Parar de desmatar e replantar árvores ajudariam a equilibrar a temperatura do planeta terra*” (E0422).

Esse desenvolvimento nas respostas demonstra uma maior compreensão dos impactos positivos que a reflorestação pode ter no planeta. A visita ao MCT-PUCRS, particularmente à seção sobre “Mudanças Climáticas”, foi fundamental para esclarecer o porquê de plantar mais árvores. Destaca-se a importância dos espaços informais na alfabetização científica desses estudantes, que contribuiu significativamente para esse avanço na compreensão.

A categoria emergente **Reducir a poluição e diminuir o uso de combustível fóssil** teve uma alta incidência de categorias finais tanto no pré quanto no pós-questionário. Inicialmente, as respostas eram simples, como: “*trocar os carros de gasolina por bateria*” (E0412) “*As pessoas usarem menos o carro*” (E0427). Após a proposta de ensino, houve um desenvolvimento mais aprofundado das ideias, refletido nas respostas: “*A diminuição de queima de combustíveis fósseis, utilização de energia elétrica renovável*” (E0417) “*Transporte coletivo/elétrico*” (E0427). Os estudantes expandiram suas ideias ao trabalhar e calcular a quantidade de toneladas de dióxido de carbono lançadas na atmosfera devido ao consumo de combustíveis fósseis, durante as atividades realizadas no laboratório de informática.

A última categoria foi **Utilizar energias limpas**. No pré-questionário, alguns estudantes afirmaram: “*optar por outras energias mais limpas*” (E0405), “*fóntes de energia renováveis*” (E0413), enquanto no pós-questionário respostas como: “*utilização de energia elétrica renovável*” (E0417).

Observou-se que nesta categoria houve pouca mudança de perspectiva, já que o tema das energias limpas já havia sido abordado em sala de aula. Portanto, os estudantes possuíam um entendimento prévio sobre a importância da utilização de fontes de energia renováveis.

Após a análise do Gráfico 4, é possível identificar que as respostas dos estudantes evoluíram para narrativas que demonstram um entendimento mais profundo do funcionamento dos fenômenos, em vez de simplesmente reproduzirem o que ouviram. Embora as categorias do pré-questionário e do pós-questionário tenham permanecido as mesmas, houve um desenvolvimento significativo na escrita dos estudantes, refletindo um avanço na alfabetização científica. Como afirmam Sasseron e Carvalho (2011), adotando uma perspectiva freiriana: “[...] a alfabetização deve desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar

seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca" (p. 61).

Considerando a obrigatoriedade do ensino de Educação Ambiental estabelecida pela Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), a abordagem interdisciplinar e interativa adotada mostrou-se eficaz na promoção da alfabetização científica entre os estudantes. Ao integrar diferentes áreas do conhecimento e envolver os estudantes em atividades práticas e reflexivas, a proposta educacional fomentou uma compreensão mais profunda e crítica dos fenômenos ambientais. Essa abordagem permitiu que os estudantes não apenas aprendessem sobre questões ambientais, mas desenvolvessem habilidades para analisar e resolver problemas de forma científica e consciente, contribuindo para uma formação mais integrada e reflexiva.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalização do projeto interdisciplinar de ensino permite refletir sobre os resultados obtidos e a eficácia das atividades propostas. O foco do ensino foi o tema 'Ações humanas no Planeta Terra', e a análise das perspectivas dos estudantes do Ensino Fundamental sobre o tema apontou contribuições significativas do museu interativo como recurso pedagógico.

Os estudantes apresentaram uma visão mais aprofundada dos fenômenos atuais após as experiências vivenciadas, compreendendo melhor as mudanças climáticas e os principais causadores do aquecimento global. Esse avanço é atribuído à exploração dos experimentos interativos do MCT-PUCRS e à criação de modelos matemáticos, que promoveram a alfabetização científica. As respostas mais elaboradas e conceituadas no pós-questionário evidenciam a eficácia da abordagem interdisciplinar e interativa no desenvolvimento das habilidades de pensamento crítico e compreensão dos conceitos abordados.

A visita ao MCT-PUCRS permitiu aos estudantes a interação com o conteúdo de forma prática e envolvente, favorecendo o desenvolvimento do protagonismo e a motivação pela aprendizagem fora da sala de aula. A interação com os recursos do museu despertou a curiosidade e incentivou um aprendizado mais significativo, o que se refletiu nas respostas mais articuladas e críticas dos estudantes.

A ATD identificou que os conhecimentos prévios dos estudantes eram amplos, mas com uma escrita e expressão menos desenvolvidas. Após a proposta, observou-se uma melhoria nas respostas, com maior coesão e uma postura crítica em relação à realidade ambiental. Esse aprimoramento reflete o objetivo da alfabetização científica, que visa não apenas a aquisição de conhecimento, mas a capacidade de reflexão e ação transformadora em relação às questões ambientais.

A implementação de atividades interativas e interdisciplinares demonstrou ser uma estratégia eficaz para promover a alfabetização científica, engajando os estudantes e ampliando sua compreensão e capacidade crítica sobre as ações humanas e seus impactos no planeta. Este enfoque não apenas facilitou a compreensão dos

conceitos científicos, como estimulou a consciência sobre a necessidade urgente de agir e desenvolver planos de melhoria ambiental. Diante das constantes catástrofes ambientais observadas no Brasil e no mundo, é essencial que os estudantes estejam preparados para enfrentar esses desafios com conhecimento e ações concretas. Diante desses aspectos, o projeto contribui significativamente para formar cidadãos mais informados e comprometidos com a preservação ambiental e a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ANÁPOLIS, R. R. O. A percepção humana sobre meio ambiente e mudanças climáticas um estudo de valoração. Anais do IV Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás (CEPE/UEG): Como você transforma o mundo?, 2018.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. São Paulo, Contexto, 2006.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. 1º ed. São Paulo: 2016, 2016.

BISPO, S. G. Educação ambiental nas unidades escolares e a importância da preservação dos recursos naturais para os estudantes do Ensino Fundamental II: Estudo de caso. **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia**. Volume 16, p. 12. 2023.

BOGDAN. R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto, 1994.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R.; IMHOFF, A. L. Contextualização no âmbito do projeto nº 057 CAPES/FAPERGS: observatório da educação, museu interativo e educação em ciências. In: BORGES, R. M. R.; MANCUSO, R.; LIMA, V. M. R. (Orgs.) **Museu Interativo**: Fonte de inspiração para a escola. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

FLORES, R. C. Estudiantes del bachillerato y cambio climático. Un estudio desde las representaciones sociales. **Revista Electrónica Educare**, v. 26, n. 3, p. 237-255, 2022.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, jan./abr. 2003.

CURY, M. X. Comunicação e pesquisa de recepção: uma perspectiva teórico-metodológica para os museus. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, vol.12 (suplemento), p. 365-380, 2005.

CUNHA, R. G; RODRIGUES, M. A. Promovendo a alfabetização científica através de oficinas pedagógicas sobre atmosfera, efeito estufa e aquecimento global. **Experiencias em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 308-329, 2019.

FALCÃO, D. Instrumentos Científicos em Museus, em busca de uma pedagogia de exibição. In: VALENTE, M. E. (Org.) **Museus de Ciência e Tecnologia interpretações e ações dirigidas ao público**. Rio de Janeiro: MAST, 2007.

FAZENDA, I. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro:** efetividade ou ideologia. 6. ed. São Paulo: Loyola, 1979.

IPCC: **Intergovernmental Panel on Climate Change.** Relatório disponível em <<http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg1-spm.pdf>> Acesso em: 21 de setembro de 2023.

LARA, I. C. M.; VELHO, E. M. H.; ODY, M. C.; BORGES, R. M. R. Museu Interativo e a sala de aula: uma proposta interdisciplinar na área de Ciências Naturais, Matemática e suas tecnologias. **Caderno Pedagógico**, Lajeado, v. 10, n. 1, p. 41- 59, 2013.

LUPO, B. M. **O Museu como espaço de interação:** arquitetura, museografia e museologia a partir dos casos do Museu do Futebol e do Museu do Amanhã. Dissertação (Mestrado em História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Teologia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva.** 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2013.

PAULA, M. C.; LARA, I. C. M. **Museu Interativo:** Uma possibilidade de alfabetização científica. In: FILHO, J. B. R.; BORGES, R. M. R.; GESSINGER, R. M.; LARA, I. C. M. (Orgs.). Parcerias entre escolas e um Museu Interativo: contribuições à cultura e educação científica e tecnológica. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014.

PINTO, G.; PIRES, A.; GEORGES, M. Ri. R. O Antropoceno e a mudança climática: a percepção e a consciência dos brasileiros segundo a pesquisa IBOPE. **Desenvolvimento e Meio Ambiente (DMA)**, v. 54, p. 1-25, 2020.

SANTOS, J. M.; BORGES, R. M. R.; LAHM, R. A. Integração entre experimentos de ecologia no museu e o sensoriamento remoto em sala de aula. In: BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R.; IMHOFF, A. L. (Orgs.). **Contribuições de um museu interativo:** à educação em ciências e matemática, Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

TAVARES, A. C.; BRITO, C. A.; ROCHA, C. L.; ANDRADE, P. A.; OLIVEIRA, S. C. Aquecimento global e mudanças climáticas na visão de estudantes do ensino médio. **CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 5, n. 1, 2010.

VALENTE, M. E. (Org.) **Museus de Ciência e Tecnologia interpretações e ações dirigidas ao público.** Rio de Janeiro: MAST, 2007.