

Alfabetização Científica a partir de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) relacionada aos impactos antrópicos no ambiente**Scientific Literacy through an Investigative Teaching Sequence (ITS) related to anthropogenic impacts on the environment**

Dandara Vázquez Ocampos*

Rosane Nunes Garcia**

RESUMO: A habilidade de analisar conteúdo científico e ser capaz de entender como aquele conhecimento foi elaborado, é crucial para que cidadãos possam atuar de forma ativa e responsável na sociedade. A Alfabetização Científica (AC) possibilita que estudantes desenvolvam habilidades do saber científico, tornando-os capazes de tomar decisões cientificamente fundamentadas em seu contexto social. O objetivo desta pesquisa foi compreender como um grupo de estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental articulam conhecimentos e desenvolvem a AC, a partir de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) interdisciplinar a respeito dos impactos antrópicos no ambiente. A metodologia foi qualitativa, estruturada como uma pesquisa-ação, organizada em três etapas: aplicação de instrumento de sondagem, planejamento e desenvolvimento da SEI e análise das produções dos estudantes para avaliação da presença dos indicadores de AC. Os resultados evidenciaram que a SEI promoveu a AC ao propiciar aos estudantes vivências que os levaram a se posicionar, discutir suas concepções prévias e fundamentar seus argumentos. Houve incremento de indicadores de AC após a SEI, o que demonstrou que os estudantes estabeleceram relações entre o conhecimento teórico aprendido em sala de aula, a realidade vivida e o meio ambiente no qual estão inseridos.

PALAVRAS-CHAVE: Alfabetização Científica. Ensino de ciências. Impactos antrópicos. Sequência de Ensino Investigativa. Argumentação.

ABSTRACT: The ability to analyze scientific content and understand how that knowledge was developed is crucial for citizens to actively and responsibly engage in society. Scientific Literacy (SL) enables students to develop skills within scientific knowledge, making them capable of making scientifically informed decisions in their social context. The aim of this research was to understand how a group of middle school students articulate knowledge and develop SL through an interdisciplinary investigative teaching sequence regarding human impacts on the environment. The methodology was qualitative, structured as an action research organized in three stages: administration of a pre-assessment survey, planning and implementation of the investigative teaching sequence, and analysis of student productions to assess the presence of SL indicators. The results showed that the implementation of the investigative teaching sequence promoted the SL by providing students with experiences in which they had to take a stance, discuss their prior conceptions, and justify their arguments. There was an increase in SL indicators after the investigative teaching sequence, indicating that students established connections between theoretical knowledge learned in the classroom, their lived reality, and the environment in which they are situated.

KEYWORDS: Scientific Literacy. Science teaching. Anthropogenic impacts. Investigative Teaching Sequence. Argumentation.

*Mestre em Educação e Ensino de Ciências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. <https://orcid.org/0009-0006-9871-9954> vazquez.dandara@gmail.com

**Doutora em Biologia Animal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-4647-6245> rosane.garcia@ufrgs.br

1 Introdução

A habilidade de analisar informações a partir de bases científicas, seja diretamente de artigos científicos, de divulgadores de ciência ou das mídias em geral, bem como ser capaz de entender como aquele conhecimento foi elaborado, são cruciais para que cidadãos e cidadãs possam atuar de forma ativa e responsável na sociedade.

De acordo com Sasseron (2015), ensinar Ciências requer dar atenção tanto aos produtos, quanto aos processos científicos. Isso significa proporcionar aos estudantes o contato com um corpo de conhecimento que engloba uma maneira de construir compreensão sobre o mundo, os fenômenos naturais e seus impactos em nossas vidas. Assim, o estudante não apenas reconheceria os termos e os conceitos tradicionais das Ciências, mas poderia aplicá-los em situações atuais e do seu cotidiano.

Assim, a Alfabetização Científica (AC) pode ser considerada como um dos objetivos que se pretende alcançar com as aulas de Ciências (Sasseron e Carvalho, 2010). Tal preocupação também pode ser observada no meio acadêmico, onde há diversas pesquisas que apontam a AC como guia capaz de instigar os alunos a investigarem temas das ciências e a discutirem suas interrelações com a sociedade e o ambiente (Sasseron e Carvalho, 2011a; Pizarro, 2014; Lorenzetti e Delizoicov, 2001; Silva e Lorenzetti, 2020).

Conforme Sasseron e Carvalho (2011a), a AC pode ser definida como um processo de ensino que permite aos alunos se relacionarem com uma nova cultura, com o mundo, podendo também interagirem e modificarem os acontecimentos, assim como a si mesmos. Nesse sentido, a prática para a promoção da AC deve ser rica em noções e conhecimentos científicos, assim como deve promover o desenvolvimento de habilidades associadas ao fazer científico. Para Miller (1998), AC cívica envolve três dimensões relacionadas: 1. a compreensão de termos, conceitos e conhecimentos científicos fundamentais. 2. Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. 3. Entendimento do impacto da ciência e da tecnologia nos indivíduos e na sociedade.

Destaca-se que um cidadão alfabetizado cientificamente é aquele que é capaz de:

[...] resolver problemas do seu dia a dia, levando em conta os saberes próprios das Ciências e as metodologias de construção do conhecimento próprias do campo científico [...] podendo então tomar decisões fundamentadas em situações que ocorram ao seu redor e que influenciam sua vida e futuro (Sasseron e Machado, 2017, p. 12).

O desenvolvimento da AC em propostas educacionais pode ser acompanhado por meio de alguns indicadores que fornecem evidências do processo (Sasseron; Carvalho, 2008, 2011b; Pizarro, 2014). Tais indicadores representam habilidades, características das ciências e da prática científica. São competências compartilhadas que são desenvolvidas e aplicadas para resolver, para discutir e para comunicar problemas em qualquer campo científico.

Para Sasseron e Carvalho (2010), os indicadores podem ser organizados em três grupos. Cada um deles representa um bloco de ações que são colocadas em prática, quando há um problema a ser resolvido. O primeiro grupo de indicadores está diretamente relacionado ao trabalho com os dados coletados em uma investigação. O segundo conjunto abrange dimensões relacionadas à estruturação do pensamento que molda as declarações e falas durante as aulas de Ciências. No terceiro grupo, estão concentrados os indicadores que estão mais diretamente ligados à busca de compreensão da situação analisada. Eles surgem nas etapas finais das discussões, pois envolvem o trabalho com as variáveis envolvidas no fenômeno e envolvem também a busca por relações que possam descrever as situações naquele contexto e em contextos semelhantes. Os seguintes indicadores fazem parte desse grupo: levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação (Sasseron e Carvalho, 2010).

Nos indicadores construídos por Pizarro (2015), baseado nos indicadores de Sasseron e Carvalho (2008), *articular ideias* faz parte dos indicadores de AC na perspectiva social. Tal indicador, para a autora, está presente quando o estudante estabelece relações, seja oralmente ou graficamente, entre o conhecimento teórico aprendido em sala de aula, a realidade vivida e o meio ambiente no qual está inserido. Outro indicador citado por Pizarro (2014) é a *argumentação*, que é definida pela autora como sendo diretamente vinculada com a compreensão que o aluno tem e as defesas de seus argumentos, apoiado inicialmente em suas próprias ideias. Dessa forma, a qualidade dos argumentos é ampliada constantemente, a partir dos conhecimentos adquiridos em debates em sala de aula, valorizando a diversidade de ideias e os diferentes argumentos apresentados no grupo.

A argumentação, conforme Sasseron e Machado (2017), acompanha a explicação e possibilita a sua construção. A argumentação pode ser entendida como o processo que permite entender ou construir uma explicação. Sasseron e Carvalho (2010, p. 3) defendem a ideia de que, “[...] para almejar a AC no Ensino Fundamental, é necessário incentivar o trabalho

coletivo entre os estudantes, dando ênfase às atividades investigativas que os levem a argumentar em sala de aula [...]”.

Sasseron (2015), por sua vez, aborda a possibilidade de que as SEIs podem ser uma forma de ensinar Ciências que favoreçam o desenvolvimento da AC. Teoricamente, as SEIs consistem em uma série de atividades que englobam um determinado tópico do currículo escolar e que tem como propósito promover uma abordagem investigativa e participativa, proporcionando aos alunos um ambiente propício para a construção ativa do conhecimento e aprimorando sua capacidade de compreender e aplicar conceitos científicos (Carvalho, 2011; Carvalho e Sasseron, 2012).

De acordo com Carvalho *et al.* (2014), uma SEI deve incluir algumas atividades-chave. Primeiramente, é importante iniciar com a apresentação de um problema, seja ele experimental ou teórico, que esteja contextualizado e que inicie os estudantes no tópico desejado. Em seguida, é necessário realizar uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos estudantes que promova a consolidação do aprendizado, a ampliação do entendimento e a conexão entre a experiência prática e o conhecimento científico já estabelecido. E por último, uma atividade que promova a contextualização do conhecimento no dia a dia dos estudantes, permitindo que o mesmo perceba a relevância da aplicação do conhecimento construído no contexto social.

Além de promover um ensino de Ciências que busque desenvolver a AC, outro caminho importante a ser considerado para qualificar as aprendizagens, seria a articulação entre os diferentes componentes curriculares por meio da interdisciplinaridade. Propostas interdisciplinares possibilitam aos estudantes o estabelecimento de relações que favoreçam um entendimento mais amplo da realidade, integrando os conhecimentos das diferentes áreas. Para Fazenda (2012, p. 91), “Interdisciplinaridade é uma exigência natural e intensa das ciências, no sentido de uma melhor compreensão da realidade que elas nos fazem conhecer. Impõe-se tanto à formação do homem como às necessidades de ação, principalmente do educador”. A sinergia entre diferentes componentes curriculares faz com que as atividades sejam mais interessantes para os estudantes, permitindo que realizem conexões entre as propostas trabalhadas em aula e a sua vida cotidiana, já que no dia a dia não há separação entre os conhecimentos, tal como a estrutura disciplinar propõe.

A partir das reflexões aqui apresentadas, ao longo deste artigo buscamos responder ao seguinte questionamento: é possível compreender como um grupo de estudantes dos anos finais

do Ensino Fundamental articulam os conhecimentos e desenvolvem a AC, a partir da vivência de uma SEI interdisciplinar a respeito dos impactos antrópicos em diferentes ecossistemas?

A problemática desta pesquisa surgiu de observações e de questionamentos originados a partir do exercício da docência nos anos finais do ensino fundamental no componente curricular Ciências, que se depara frequentemente com a dificuldade encontrada pelos estudantes em desenvolver habilidades de análise e de argumentação, fundamentadas em evidências científicas, para elaborar seus pontos de vista e conhecimento. Nesse movimento, buscou-se compreender como os processos de ensino poderiam ser qualificados, por meio de propostas que estimulem o desenvolvimento da análise crítica e da argumentação.

A escolha de trabalhar com um tema ambiental objetivou a aproximação dos estudantes à vasta biodiversidade brasileira, provocando reflexões sobre suas ações, não só como indivíduos, mas também como membros da sociedade. Ao abordar a temática de maneira interdisciplinar é possível sensibilizá-los para a compreensão de que uma ação humana pode ter impactos em diversas esferas, por mais corriqueira que pareça. Assim, abrem-se espaços no processo de ensino que permitem uma pluralidade de olhares sobre um mesmo tema.

2 Metodologia

A presente pesquisa foi realizada em uma escola privada onde a pesquisadora atua como professora dos componentes curriculares de Ciências e de Biologia, localizada no município de Porto Alegre, RS, e que atende cerca de 430 alunos em turno integral. Os participantes diretamente envolvidos na investigação compreenderam 14 estudantes de uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental.

A metodologia foi qualitativa, que pode ser definida como uma sequência de atividades que envolvem a redução dos dados, a sua categorização e interpretação (Gil, 2009). A presente pesquisa pode ser identificada como uma pesquisa-ação, já que facilita a busca de soluções de problemas coletivos dos participantes, bem como de aprendizagem dos atores e dos pesquisadores envolvidos (Thiollent, 2011).

A investigação estruturou-se a partir de três procedimentos principais: a) aplicação de questionário de sondagem; b) planejamento e desenvolvimento da SEI; c) aplicação do questionário final após a SEI.

Os eixos estruturantes propostos por Sasseron e Carvalho (2011a) orientaram o planejamento da SEI. Foram eles: 'Conceitos científicos', 'Natureza da ciência' e 'Relações

entre a ciência e tecnologia, sociedade e meio ambiente'. A temática central da SEI foi ambiental, com foco na biodiversidade brasileira, ações antrópicas que impactam tal diversidade, assim como os biomas brasileiros. Tanto o planejamento da SEI como sua execução foram realizados de maneira interdisciplinar, juntamente com a professora do componente curricular Estudos Sociais.

No Quadro 1, estão detalhados os ciclos de atividades da SEI, conforme Carvalho *et al.* (2014), realizados na proposta de ensino com a temática ambiental.

Quadro 1 – Atividades realizadas ao longo da SEI

	Atividades-chave da SEI	Atividades realizadas
Primeiro ciclo	Apresentação do problema	Apresentação de um trecho de documentário sobre o plantio e uso do óleo de palma/dendê e o <i>habitat</i> de orangotangos. Após a apresentação do documentário, foi realizada uma discussão com a turma, com o objetivo de conhecer quais eram as concepções prévias dos estudantes sobre o tema. O questionário de sondagem foi aplicado após esse momento inicial.
	Sistematização do conhecimento	Leitura de um texto sobre os usos de óleo de palma em diversos produtos e os impactos dessa prática para a população de orangotangos. Reflexão sobre o tema, seguida por uma discussão sobre os gráficos apresentados no texto. Desenvolvimento de mapas mentais utilizando escritas e desenhos para explicar como a produção do óleo impacta os orangotangos.
	Contextualização do conhecimento no dia a dia dos estudantes	Observação de rótulos de diversos doces, como chocolates e balas, buscando ingredientes comuns entre os mesmos. O resultado dessa investigação foi discutido coletivamente. Os estudantes investigaram se o óleo de palma/dendê estava presente em outros produtos que eles usavam no seu dia a dia.
Segundo ciclo	Apresentação do problema	Apresentação do problema não experimental integrando os estudos sobre biomas brasileiros que estavam sendo realizados nas aulas de Estudos Sociais. A discussão iniciou-se com o intuito de aproximar essa parte da proposta com o problema inicialmente apresentado: os orangotangos e o óleo de palma, e aproximações com o contexto brasileiro. Quais espécies poderiam estar sendo ameaçadas por atividades humanas nos diferentes biomas brasileiros?
	Sistematização do conhecimento	Realização de uma investigação em que os estudantes escolhiam uma espécie brasileira ameaçada de extinção e investigavam a resposta para diversos questionamentos, tais como: quais são as características da espécie escolhida, o que comem, o bioma em que ela pode ser encontrada, quais

		características e comportamentos da espécie a auxiliam a sobreviver, qual o estado de conservação do bioma e quais são as ameaças ao bioma, entre outros.
	Contextualização do conhecimento no dia a dia dos estudantes	Os estudantes poderiam compartilhar suas aprendizagens com os colegas da maneira que achassem melhor, através de <i>podcasts</i> , quadrinhos ou em formato de vídeo, como documentário e notícias. Houve uma mostra dos trabalhos produzidos e discussão sobre as novas descobertas após a mostra. Após a mostra, foi aplicado o questionário final.

Fonte: elaborado pelas autoras.

No questionário de sondagem, os estudantes responderam às seguintes perguntas: há quaisquer atividades humanas impactando outros organismos e seu *habitat*? Quais atividades estão impactando diferentes organismos e seus *habitats*? Explique como as atividades podem estar impactando os organismos e seus *habitats*. Lembre-se de utilizar evidências para dar suporte às suas afirmações.

No questionário final, os estudantes responderam às seguintes perguntas: você está em uma roda de conversa e alguém diz que a única atividade humana ameaçando a vida selvagem no Brasil é a caça. Você concorda com a pessoa que disse isso? O que você diria para essa pessoa para explicar a sua resposta? Qual evidência causou maior impacto em você enquanto você assistia aos trabalhos dos seus colegas?

Ambos os questionários foram aplicados utilizando a plataforma *Google Forms* e as atividades foram propostas utilizando o *Google Classroom*, já que o uso de ferramentas *Google* faz parte da rotina da escola, que disponibiliza acesso a internet. Os princípios éticos da pesquisa foram respeitados em todas as etapas e o projeto foi inicialmente aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com número do parecer CAAE 63108122.7.0000.5347.

As produções dos estudantes participantes desta pesquisa foram analisadas uma a uma, de modo a verificar as evidências da AC. Relacionou-se os indicadores com as respostas obtidas no questionário de sondagem antes da SEI e no questionário final realizado após a aplicação da SEI, além de contabilizar a frequência de ocorrência de cada um dos indicadores. Ambos os instrumentos continham perguntas abertas. O método de análise das produções dos estudantes foi a categorização de acordo com os indicadores propostos por Pizarro (2014), sendo eles: articular ideias, investigar, argumentar, ler em Ciências, escrever em Ciências, problematizar,

criar, atuar, seriação de informações, organização de informações, classificação de informações, raciocínio lógico, raciocínio proporcional, justificativa, previsão e explicação.

3 Resultados e Discussão

Ao longo da SEI, os estudantes tiveram contato com conceitos científicos tanto nos momentos de leitura, quanto durante a pesquisa da espécie ameaçada de extinção escolhida por eles. Ao realizarem a pesquisa e coletarem informações, os estudantes foram instigados a refletirem sobre a importância de uma fonte confiável, assim como quais são as melhores maneiras de pesquisar para obter informações. Tais práticas fazem parte do eixo Natureza da Ciência, assim como também comunicar seus achados aos colegas.

Quando foram motivados a discutir suas apresentações e a dos colegas, os estudantes tiveram a oportunidade de analisar como impactos humanos afetam biomas e os diferentes organismos, assim como reconheceram quais foram as medidas tomadas para mitigar os impactos e se foram realmente efetivas. Tais discussões enquadram-se no eixo 'Relações entre a ciência e tecnologia, sociedade e meio ambiente'.

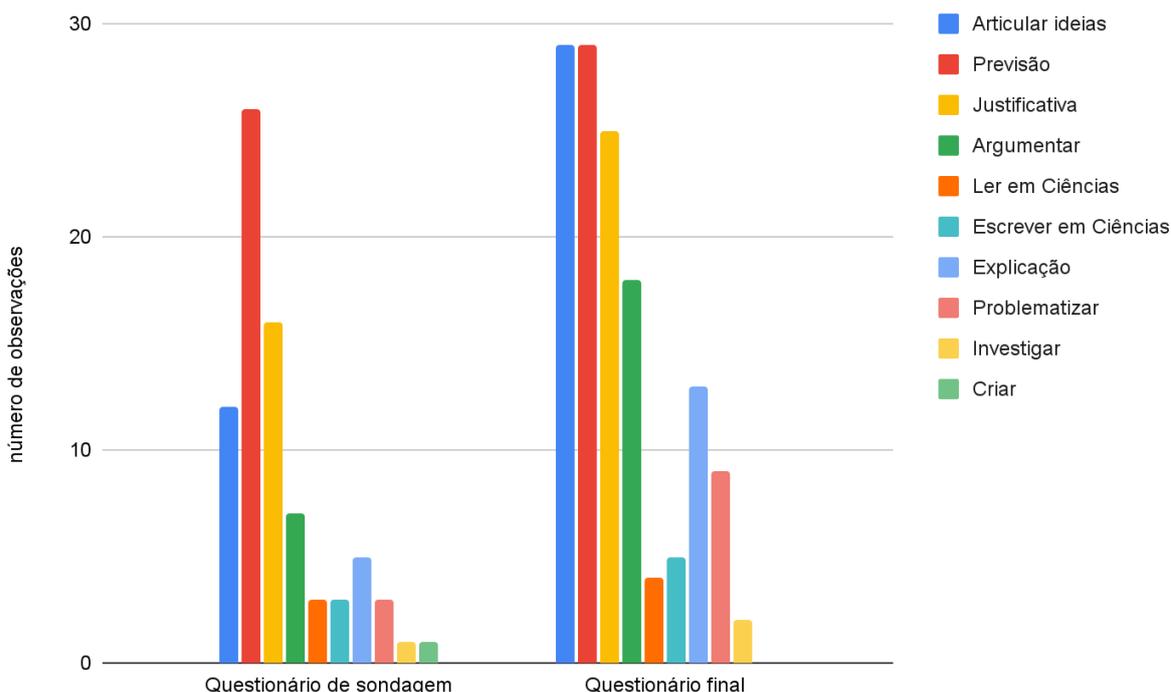
A investigação foi realizada em aulas de Ciências e de Estudos Sociais, com ambas as professoras atuando como mediadoras, auxiliando nas questões de vocabulário específicas e na seleção de fontes confiáveis. Estavam sendo realizadas atividades nas aulas de Estudos Sociais sobre hidrografia e bacias hidrográficas e os estudantes foram motivados a incluírem informações sobre como as espécies se relacionam com os recursos hídricos. Tal questão levou a turma a reconhecer uma nova gama de possíveis impactos que deixavam de serem apenas relacionados ao desmatamento, já que começaram a identificar impactos também relacionados aos recursos hídricos, tais como construção de barragens, hidrelétricas e descarte de rejeitos de mineração.

Foram analisadas todas as respostas dos estudantes nos questionários de sondagem e final sobre os impactos antrópicos em diferentes ecossistemas. No processo de análise, foram contabilizadas as frequências de ocorrências de cada um dos 16 indicadores observados nas respostas. Sasseron e Carvalho (2009) destacam que, ao analisar os registros, não devemos nos atentar à ortografia correta. Assim, temos como foco somente perceber indícios do processo de AC.

Observamos que ocorreram mais indicadores de AC nas respostas do questionário final que nas do questionário de sondagem, totalizando 77 registros de observações de 10 indicadores presentes no questionário de sondagem e 134 registros de observações de 9 indicadores presentes no questionário final (Figura 1). Cabe destacar que os indicadores

atuar, seriação de informações, organização de informações, classificação de informações, raciocínio lógico, raciocínio proporcional, não apareceram em nenhum dos materiais analisados. Houve um aumento considerável na frequência dos indicadores de AC: *articular ideias, justificativa, argumentar, explicação e problematizar*.

Figura 1 – Análise geral dos indicadores de AC propostos por Pizarro (2014) presentes nas respostas dos participantes da pesquisa aos questionários de sondagem e do final.



Fonte: elaborado pelas autoras.

Ocorreu uma maior quantidade de indicadores de AC, após a realização da SEI. Os indicadores mais frequentes no questionário de sondagem foram *previsão, justificativa e articular ideias*. Já no questionário final, os indicadores mais identificados foram *articular ideias, previsão, justificativa, argumentar e explicação*, além de um aumento em outros indicadores, se comparado ao questionário de sondagem.

Em outras pesquisas que investigaram indicadores de AC, também foi possível observar um aumento na variedade de indicadores observados ao longo da SEI ou da Sequência Didática proposta (Sasseron e Carvalho, 2008; 2011b; Del Corso, 2015). Sasseron e Carvalho (2008) mencionam que, em sua análise, grande parte dos indicadores da AC foram utilizados pelos estudantes ao longo da Sequência Didática. O mesmo pode ser dito sobre as análises desta pesquisa, já que é possível observar grande variedade de indicadores presentes

após a realização da SEI, com exceção dos indicadores relacionados à *classificação e organização de informações*.

Para ilustrar os resultados obtidos nesta pesquisa, foram selecionadas respostas obtidas antes e depois da SEI de três estudantes (estudantes 1, 2 e 11), demonstrando a riqueza de detalhes no que diz respeito ao processo de AC. A seguir, apresentaremos uma análise mais detalhada dos textos selecionados, a partir dos critérios já explícitos na metodologia.

Análise das respostas - estudante 1

Nas respostas produzidas no questionário de sondagem (Quadro 2) é possível observar que uma lista de impactos é citada, o que demonstra o indicador *previsão*. No entanto, há poucos detalhes sobre como cada ação humana impacta diferentes organismos. Há uma justificativa de que a expansão urbana e as queimadas nas matas estão destruindo o *habitat* de diferentes organismos e, também, menção ao impacto da remoção da mata nativa para substituir por óleo de palma e seu impacto próprio. Não é possível observar menções a impactos indiretos das ações humanas em diferentes organismos.

Quadro 2 – Respostas do estudante 1 ao questionário de sondagem.

Perguntas	Respostas	Indicadores observados
Quais atividades estão impactando os diferentes organismos e seu <i>habitat</i> ?	<i>Atividades humanas como desmatamento, poluição, caça, incêndios florestais, substituição de árvores como o óleo de palma e expansão urbana estão afetando negativamente organismos e seus habitats.</i>	Articular ideias Previsão Justificativa
Explique como as atividades podem estar impactando os organismos e seus habitats. Lembre-se de utilizar evidências para sustentar suas afirmações.	<i>Essas atividades estão levando alguns animais à extinção, seja pelo consumo de plástico ou pela caça. Outras, como desmatamento, expansão urbana, incêndios florestais e substituição de árvores, destroem os habitats dos animais e, conseqüentemente, os organismos que neles habitam.</i>	Articular ideias Argumentar Previsão Justificativa

Fonte: elaborado pelas autoras.

Já na resposta produzida no questionário final (Quadro 3) do mesmo estudante, há uma riqueza de detalhes na explicação, sendo possível observar que uma ação humana pode gerar

diversos desdobramentos ambientais, como aumento da temperatura global e alterações no pH dos oceanos. Tais desdobramentos têm seu impacto explicado, como referenciado no aumento de temperatura global e aumento nas secas, o que dificulta o acesso à água para alguns organismos. É possível também observar *problematização* na resposta, quando há menção de que a morte de indivíduos de uma espécie pode criar um desequilíbrio na cadeia alimentar por afetar organismos que se alimentam dele. Além disso, há referência de uma espécie específica que é afetada por intoxicação com metais pesados advindos de atividades de mineração.

Quadro 3 – Respostas produzidas pela estudante 1 ao questionário final.

Pergunta	Respostas	Indicadores observados
O que você diria a essa pessoa para explicar sua resposta? Seja o mais detalhado possível e utilize evidências para fundamentar sua afirmação.	<i>Não exatamente, muitas atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, atropelamentos nas estradas e mineração, também estão ameaçando a vida selvagem no Brasil e globalmente. Os humanos queimam combustíveis fósseis, liberando CO₂, o que aquece o planeta e aumenta as temperaturas. Esse aumento de temperatura e CO₂ provoca várias mudanças nos organismos, como secas (que afetam organismos dependentes de fontes de água), alteração no pH dos oceanos (muitas espécies marinhas vivem em um pH específico, e esse aumento de CO₂ pode matar e modificar ecossistemas aquáticos inteiros), e o aquecimento também faz o derretimento de geleiras, destruindo e derretendo o lar de animais e, com eles, ecossistemas inteiros. O atropelamento nas estradas ocorre quando as pessoas atropelam animais. Esses atropelamentos representam um risco para todas as espécies, podendo reduzir significativamente suas populações. Se essas espécies forem mortas, ocorre um desequilíbrio massivo na cadeia alimentar, levando algumas espécies à extinção. A mineração realizada pelos humanos também afeta muitas espécies, uma vez que resíduos de mineração e metais pesados entram nos rios e podem intoxicar diversos organismos. Um exemplo de uma espécie afetada por essa intoxicação é a ariranha.</i>	Articular ideias Argumentar Escrever em Ciências Problematizar Previsão Justificativa Explicação

Fonte: elaborado pela autora.

É possível, portanto, observar um aumento na quantidade de indicadores e uma construção do argumento, tendo em vista que os impactos citados no questionário inicial

foram ampliados e a estudante construiu uma explicação detalhada de consequências e desdobramentos das diversas atividades humanas.

Pizarro (2014) diz que inicialmente os argumentos são baseados nos conhecimentos dos estudantes, sem necessariamente lançar mão de evidências e dar suporte a explicações. É possível observar que o mesmo ocorre na produção do estudante 1 em suas respostas ao questionário inicial, em que há a construção de argumentos baseados em seus conhecimentos prévios.

Sasseron e Machado (2017) discutem que a argumentação possibilita a construção da explicação e pode ser entendida como o processo que permite sua elaboração. Tal processo pode ser observado também nas respostas ao questionário final produzidas pelo estudante 1, no qual é possível observar tanto os indicadores *argumentação* e *explicação*, evidenciando a construção do argumento ao longo da SEI. Diferentemente do observado por Ramos e Guimarães (2022) em sua pesquisa realizada com os anos finais do Ensino Fundamental, é possível identificar que o indicador *justificativa* está presente em ambas as respostas do questionário de sondagem e do final, ao invés de apenas no questionário final.

Análise das respostas - estudante 2

Nas respostas produzidas no questionário de sondagem (Quadro 4) é possível observar uma lista reduzida de atividades humanas que impactam diferentes organismos.

Quadro 4 – Respostas produzidas pelo estudante 2 ao questionário de sondagem.

Perguntas	Respostas	Indicadores observados
Quais atividades estão impactando os diferentes organismos e seu <i>habitat</i> ?	<i>Os seres humanos estão derrubando árvores e poluindo os oceanos para seus próprios benefícios, como fábricas, casas, edifícios e muitas outras coisas.</i>	Articular ideias Previsão Justificativa
Explique como as atividades podem estar impactando os organismos e seus <i>habitats</i> . Lembre-se de utilizar evidências para sustentar suas afirmações.	<i>Os seres humanos estão derrubando árvores para abrir espaço para plantações industriais. Sabemos disso porque assistimos a vídeos de orangotangos e vimos gráficos de dados que mostram que na Indonésia as pessoas estão derrubando as árvores onde os orangotangos vivem para dar lugar a plantações de óleo de palma, pois geram lucro, enquanto os orangotangos não.</i>	Articular ideias Argumentar Ler em Ciências Escrever em Ciências Previsão Justificativa Explicação

Fonte: elaborado pelas autoras.

Há uma justificativa que lança mão de um exemplo, mostrando que a redução do *habitat* do orangotango é devida ao aumento de plantações de óleo de palma/dendê. Na

resposta à segunda pergunta também há menção à leitura de um gráfico, tornando evidente os indicadores *ler e escrever em Ciências*.

Já na resposta produzida no questionário final (Quadro 5) é possível observar um aumento na quantidade de ações humanas mencionadas, assim como uma explicação mais detalhada de cada ação. Não há referência a um impacto indireto causado pela diminuição da população de uma espécie em outra espécie ou uma explicação detalhada de como a queima de combustíveis fósseis e a liberação de dióxido de carbono afeta diferentes organismos.

Quadro 5 – Respostas produzidas pelo estudante 2 ao questionário final.

Pergunta	Respostas	Indicadores observados
O que você diria a essa pessoa para explicar sua resposta? Seja o mais detalhado possível e utilize evidências para fundamentar sua afirmação.	<i>Eu diria que existem muitas outras maneiras pelas quais os seres humanos estão afetando a vida selvagem no Brasil. Um exemplo disso é a captura incidental, que ocorre quando um animal marinho é acidentalmente capturado em uma rede de pesca e fica preso. Às vezes, esses animais precisam nadar até a superfície para respirar, e, como não podem subir devido à rede de pesca, acabam se afogando. Além disso, os humanos estão destruindo florestas para utilizar seu espaço e recursos, como madeira e água. Eles também estão realizando mineração para obter materiais e metais, o que afeta os animais, pois libera grandes quantidades de gases na atmosfera e destrói habitats de alguns animais. Os humanos também praticam algo chamado atropelamento de animais, que ocorre quando um animal é acidentalmente atingido por um veículo em uma estrada. Por fim, há os combustíveis fósseis, que consistem basicamente na queima de substâncias para obter energia, liberando mais CO2 na atmosfera.</i>	Articular ideias Argumentar Escrever em Ciências Problematizar Previsão Justificativa Explicação

Fonte: elaborado pelas autoras.

Portanto, nas respostas ao questionário final há maior quantidade de detalhes nas explicações dos diferentes impactos, evidenciando a construção do argumento e sua explicação com um maior número de evidências. A *argumentação*, a *explicação* e a *justificativa* estão presentes nas respostas produzidas pelo estudante ao questionário inicial e final, algo que não foi observado por Ramos e Guimarães (2022), por exemplo, já que verificaram a maior presença de *justificativa* apenas nas etapas finais da SEI. Em sua

pesquisa, os autores realizaram uma SEI com a temática ar e obtenção de energia, em que eram realizadas cinco atividades, entre elas discussões e experimentação. Os estudantes responderam a diversos questionamentos ao longo das discussões, assim como após a análise dos dados coletados no experimento. Nos registros coletados nas etapas de discussão sobre o tema, não foram observados o indicador *justificativa*, estando esse apenas presente nos registros finais realizados após a análise do experimento (Ramos e Guimarães, 2022).

Análise das respostas - estudante 11

Nas respostas produzidas no questionário de sondagem (Quadro 6), é possível observar uma lista sucinta das atividades humanas que impactam diferentes organismos. A estudante 11 lança mão de uma justificativa ao mencionar que a queima de combustíveis fósseis é feita para o uso em veículos. Há também evidências de problematização ao mencionar que humanos estão matando animais de forma legal, causando uma diminuição de populações, e menciona um exemplo visto em um material lido aula em que os estudantes analisaram um texto e um gráfico sobre o plantio de palma para a extração do dendê e como isso estaria afetando os orangotangos.

Quadro 6 – Respostas produzidas pelo estudante 11 ao questionário de sondagem.

Perguntas	Respostas	Indicadores observados
Quais atividades estão impactando os diferentes organismos e seu <i>habitat</i> ?	<i>Nós poluímos habitats e legalmente matamos animais e plantas, além de queimar combustíveis fósseis.</i>	Previsão
Explique como as atividades podem estar impactando os organismos e seus <i>habitats</i> . Lembre-se de utilizar evidências para sustentar suas afirmações.	<i>A queima de combustíveis fósseis por nós torna-se perigosa para os organismos vivos, pois libera grandes quantidades de dióxido de carbono, um gás de efeito estufa, na atmosfera. Utilizamos isso em carros e veículos motorizados. Além disso, isso está causando o aquecimento global. Precisamos utilizar mais energia eólica para preservar o meio ambiente. A poluição faz com que animais morram e tenham que procurar um novo lar devido ao acúmulo de lixo. A matança legal de animais por pessoas diminui a população de certas espécies. Além disso, o que estamos aprendendo agora sobre o impacto do óleo de palma nos orangotangos.</i>	Articular ideias Argumentar Problematizar Previsão Justificativa Explicação

Fonte: elaborado pela autora.

Na resposta produzida no questionário final (Quadro 7), é possível observar os diversos impactos mencionados, assim como uma explicação para cada um deles. As explicações incluem efeitos diretos e indiretos de alguns impactos, tais como a menção sobre o impacto que o desaparecimento da presa pode ter para o predador, e vice-versa. Há uso de evidências que dão suporte aos argumentos usados, como é possível observar no trecho em que a raia manta é mencionada como sendo impactada pela pesca predatória. Além disso, é possível identificar a problematização, no último trecho, quando é mencionado o fato de que peixes pescados em atividade predatória, e não consumidos por humanos, acabam morrendo antes de serem devolvidos ao mar, devido à grande quantidade de animais capturados.

Quadro 7 – Respostas produzidas pela estudante 11 ao questionário final.

Pergunta	Respostas	Indicadores observados
O que você diria a essa pessoa para explicar sua resposta? Seja o mais detalhado possível e utilize evidências para fundamentar sua afirmação.	<i>A caça não é o único impacto humano que está afetando a vida selvagem no Brasil. Há o desmatamento, que está afetando muitos animais no Brasil, incluindo a onça-pintada, que precisa de 100 milhas quadradas para caçar e acasalar. Sem tanto espaço, eles podem entrar em extinção. O desmatamento leva muitas espécies do Brasil e de outros lugares à extinção. Se a espécie for um predador, a presa ficará superpovoada e prejudicará a biodiversidade. E se a presa entrar em extinção, o predador morrerá de fome. Isso prejudica o meio ambiente, reduzindo a quantidade de O2 no ar e aumentando a quantidade de CO2 no ar. O desmatamento também significa mais construção de fábricas que liberam ar tóxico que pode prejudicar os animais para que possamos ter xampu, chocolate, desodorante e qualquer coisa que uma fábrica possa nos fornecer. Outro impacto humano é a mineração, que também está relacionada ao desmatamento. A mineração torna o ar tóxico para os animais na terra e na água, causando a morte de animais e a corrupção da cadeia alimentar. Além da mineração, do desmatamento e da caça excessiva, há também a pesca excessiva e a pesca acidental. A pesca excessiva ocorre quando alguém pesca deliberadamente uma grande quantidade de peixes ameaçados ou em perigo. Isso pode levar à extinção de peixes</i>	Articular ideias Argumentar Escrever em Ciências Problematizar Previsão Justificativa Explicação

	<p><i>presa e fazer com que todos os peixes que se alimentam dessa presa morram de fome, corrompendo a cadeia alimentar. A pesca acidental ocorre quando alguém (um pescador) lança uma rede e captura acidentalmente tartarugas, tubarões, golfinhos e qualquer animal marinho que precise nadar até a superfície para respirar. Por exemplo, a arraia-manta brasileira tem menos de 1000 indivíduos, em parte devido à pesca acidental. Elas e os tubarões precisam se movimentar bastante para respirar. Além disso, peixes morrem e não são desejados pelos humanos, e não há tempo suficiente para liberá-los. Portanto, há muitas maneiras pelas quais o impacto humano ocorre no Brasil e em todo o mundo.</i></p>	
--	---	--

Fonte: elaborado pelas autoras.

Mesmo que a quantidade de indicadores observados tenha sido a mesma nos questionários de sondagem e final, é possível observar como o argumento foi construído ao longo do tempo, com um aumento nas menções de ações humanas que impactam os diversos organismos, assim como a maior complexidade de evidências e explicações produzidas pelo estudante. A *argumentação*, *explicação* e *justificativa* estão presentes nas respostas ao questionário inicial e final, algo que também foi observado por Silva e Lorenzetti (2020) após a Sequência Didática acerca da água com estudantes dos anos iniciais. Segundo as autoras, quando o estudante elabora justificativas, previsões e explicações, mesmo que apresentando um argumento inicialmente pouco consistente e coerente, há a possibilidade de ele desenvolver gradualmente ideias e explicações que se tornem mais elaboradas e coesas ao longo do tempo, dessa maneira desenvolvendo seu argumento. Isso fica evidente nas respostas produzidas no questionário final, que evidenciam o aumento no conhecimento da estudante sobre o tema, já que há um aumento da quantidade de evidências utilizadas e exemplos de impactos para dar suporte aos seus argumentos.

4 Considerações finais

Antes de quaisquer comentários, é preciso lembrar que as perguntas presentes nos questionários de sondagem e no final solicitavam aos estudantes que apresentassem suas visões e seus entendimentos sobre impactos antrópicos sobre diversas espécies e

ecossistemas. Como nas perguntas os estudantes eram solicitados a apresentar seus argumentos, ficou evidenciado que, após a aplicação da SEI, os indicadores *previsão* e *justificativa* aumentaram a sua frequência, já que ambos são necessários na construção de um argumento.

Dentre os indicadores que apresentaram um aumento visível nas respostas ao questionário final, podemos citar o indicador *articular ideias*. Esse aumento denota que os estudantes estabeleceram relações entre o conhecimento teórico aprendido em sala de aula, a realidade vivida e o meio ambiente no qual estão inseridos. Outros indicadores que aumentaram a presença foram a *previsão* e a *justificativa*. Esse aumento provavelmente está relacionado com o aumento do conhecimento a respeito de impactos ambientais, o que favorece à realização de mais previsões e justificativas.

É importante ressaltar que nos registros produzidos pelos estudantes ao final da SEI, ocorreu, de forma geral, um aumento na quantidade de indicadores de AC. Além disso, nas produções realizadas na sondagem, diversos estudantes utilizaram um único indicador; enquanto que nas produções realizadas após o término da SEI, a grande maioria da turma utilizou ao menos quatro indicadores. Cabe destacar ainda que, após a SEI, o indicador *previsão* foi o que mais apareceu nas produções que utilizaram apenas um único indicador.

Ao refletir sobre o questionamento inicial proposto para esta pesquisa, pode-se dizer que ao longo da SEI foi possível observar os estudantes construindo seu conhecimento de forma conjunta e desenvolvendo seus argumentos a partir dos fatos conhecidos por eles. Portanto, é possível observar que houve uma maior presença de diversos indicadores nas produções realizadas após a SEI, quando comparadas às produções realizadas antes da SEI.

Com relação ao papel da interdisciplinaridade na proposta de ensino trabalhada, destaca-se que as relações que os estudantes fizeram entre biomas, bacias hidrográficas, alterações climáticas e os seus impactos em diferentes espécies nativas, foram fundamentais para o desenvolvimento dos conceitos relacionados aos impactos antrópicos diretos e indiretos nas populações das espécies investigadas por eles.

O fato da SEI ter como foco um tema contextualizado em questões atuais relacionadas ao ambiente, fez com que houvesse grande interesse e engajamento, tanto nas discussões em sala como no projeto investigativo realizados pelos estudantes.

Por fim, diante de todo o exposto, a presente pesquisa é relevante, já que demonstra a importância de haver uma maior atenção e foco no desenvolvimento da AC durante o

planejamento e a realização das atividades nas aulas. O desenvolvimento da AC é de suma importância para a formação de cidadãos capazes de tomar decisões sobre seu futuro de forma fundamentada em fatos, entendendo que tais decisões afetam não somente a um indivíduo, mas toda a sociedade.

Referências

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas. In: LONGHINI, M. D. **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EdUFU, 2011.

CARVALHO, A. M. P. de *et al.* **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. 1. ed. [S. l.]: Cengage Learning, p. 1-20, 2014.

CARVALHO, A. M. P. de; SASSERON, L. H. Sequências de ensino investigativas - SEIS: o que os alunos aprendem? **Educação em ciências : epistemologias, princípios e ações educativas**. Curitiba, PR: CRV, 2012.

DEL CORSO, T. M. **Indicadores de Alfabetização científica, Argumentos e Explicações - Análises de relatórios no contexto de uma Sequência de Ensino Investigativo**. 2015. Universidade de São Paulo, 2015.

FAZENDA, I. C. A. (org.). **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 18 ed. Campinas, SP: Papyrus, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), [s. l.], v. 3, n. 1, p. 45–61, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030104>.

MILLER, J. D. The measurement of civic scientific literacy. **Public Understanding of Science**, v. 7, n. 3, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1088/0963-6625/7/3/001>

PIZARRO, M. V. **Alfabetização científica nos anos iniciais: necessidades formativas e aprendizagens profissionais da docência no contexto dos sistemas de avaliação em larga escala**. 2014. 311 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências, 2014.

PIZARRO, M. V.. Indicadores de alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de ciências nos anos iniciais, **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20(1), pp. 208-238, 2015. DOI: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v20n1p208>

RAMOS, R. A.; GUIMARÃES, C. R. P. O ensino por investigação e a argumentação na promoção da Alfabetização Científica no ensino de ciências. **ENCITEC -Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 05-20, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v12i3.50>.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 49-67, 2015. DOI://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de ciências para a alfabetização científica: analisando o processo por meio das argumentações em sala de aula. **Argumentação e ensino de ciências**. Curitiba, PR: CRV, 2009.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Escrita e Desenho: Análise de registros elaborados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 2, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3977>. Acesso em: 5 de set. 2023.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, 2011a.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 17, n. 1, p. 97–114, 2011b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100007>

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar Física**. 1. ed. [s.l.] Editora Livraria da Física, 2017.

SILVA, V. R.; LORENZETTI, L.. A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. **Educação e Pesquisa**, [s. l.], v. 46, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202046222995>.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

Artigo recebido em: 11-01-24 Artigo aprovado em: 09-08-24 Artigo publicado em: 02-09-24.