

AS CAVERNAS COMO TEMA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO FUNDAMENTAL

Daniel De Stefano Menin¹

Luciene Regina Paulino Tognetta²

Denise de La Corte Bacci³

Resumo: Frente às atuais discussões globais sobre a conservação da diversidade natural, este artigo tem como objetivo relatar experiências na implementação de um projeto educativo que aborda a Espeleologia como tema gerador e suas possibilidades de diálogo com o currículo escolar do ensino fundamental numa perspectiva interdisciplinar. O projeto educativo apoia-se nos referenciais teóricos da Geoconservação, da Educação Ambiental e da interdisciplinaridade, baseando-se na própria atividade e participação do sujeito como construtor dos conhecimentos para promover a aprendizagem. Desenvolvido em escolas públicas e particulares, para a faixa etária de 10 a 12 anos, o projeto é composto de duas fases, uma relacionada à formação continuada de professores, que aborda conceitos específicos de espeleologia, e outra na qual os estudantes desenvolvem projetos interdisciplinares relacionados ao tema das cavernas. Os resultados indicam que este projeto educativo sensibilizou os estudantes para a compreensão das diferentes áreas do conhecimento associada à espeleologia, promoveu aprendizagens significativas e contextualizadas e possibilitou o desenvolvimento de projetos interdisciplinares nas escolas, com participação efetiva dos estudantes.

Palavras-Chave: Cavernas; Interdisciplinaridade; Educação Ambiental; Geoconservação.

¹ Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Geociências - IGc, Programa de Pós-Graduação em Petrologia e Mineralogia. E-mail: danielmenin@usp.br,

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4994323778827593>

² Universidade Estadual Paulista, Departamento de Psicologia da Educação/ PPGE - Faculdade de Ciências e Letras-UNESP. E-mail: luciene.tognetta@unesp.com.br,

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6072184870578421>

³ Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Geociências - IGc, Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, E-mail: bacci@usp.br.

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9191802374278641>

Abstract: Given the current global discussions on the conservation of natural diversity, this article aims to report experiences in the implementation of an educational project that addresses Speleology as a generating theme and its possibilities of dialogue with the elementary school curriculum in an interdisciplinary perspective. The educational project based on the theoretical references of Geoconservation, Environmental Education, and interdisciplinarity, on the subject's activity and participation to promote learning. Developed in public and private schools, for the age group from 10 to 12 years old, the project is composed of two phases, one related to the continuing education of teachers, which addresses specific concepts of speleology, and another in which students develop interdisciplinary projects related to the cave theme. The results indicate that this educational project sensitized students to the understanding of the different areas of knowledge associated with speleology, promoted learning meaningful and contextualized and, enabled the development of interdisciplinary projects in schools, with the effective participation of students.

Keywords: Caves; Interdisciplinary; Environmental Education; Geoconservation.

Introdução

O presente artigo aborda um projeto educativo interdisciplinar que envolve a espeleologia, ciência que estuda e documenta cavernas, como tema gerador em processos de ensino e aprendizagem para a educação básica. Apoiando-se nos princípios da Educação Ambiental, da Geoconservação e da interdisciplinaridade, a referida estratégia considera o patrimônio espeleológico⁴ como ponto de partida para abordagens integradas das diferentes disciplinas escolares.

O pressuposto da Educação Ambiental Crítica tomado como referência é a abordagem interdisciplinar na perspectiva da complexidade e subsidiada pela interpretação histórico-crítica da realidade. Este pressuposto afirma o caráter participativo, permanente e político da dimensão ambiental no processo educativo (BRASIL, 1999; GUIMARÃES, 2004; CARVALHO, 2004; LOUREIRO, 2004; SILVA; CAMPINA, 2011; FESTOZO; TOZZONI-REIS, 2012). A Educação Ambiental Crítica visa ainda contribuir com a transformação social e com a construção de práxis pedagógicas inovadoras, características também perseguidas na presente proposta.

Os temas geoconservação e geodiversidade, bem como as ações de proteção do patrimônio geológico são ainda pouco compreendidas e

⁴ Entende-se como Patrimônio Espeleológico o conjunto de elementos bióticos e abióticos, bem como valores históricos, culturais, subterrâneos ou superficiais associados às cavidades naturais subterrâneas (BRASIL, 2004).

desenvolvidas entre os diferentes atores de sociedade. Assim como a biodiversidade compreende o conjunto de elementos vivos de um ecossistema, a geodiversidade se refere a todo conjunto abiótico do meio físico, ao qual, de maneira direta e indireta, a vida tem suporte (GRAY, 2004). Sendo assim, podemos entender que não há biodiversidade sem seu devido suporte físico como as rochas, os solos, o relevo, e com eles, os inúmeros processos físicos e hidrológicos envolvidos. Além deste suporte atual, a geodiversidade representa também um patrimônio histórico sobre o mundo que vivemos. Segundo a Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra (SIGEP, 1991) o patrimônio geológico dispõe de registros sobre o passado do nosso planeta, abrangendo informações que podem ser lidas nas rochas e nos elementos geológicos e que revelam dados sobre o clima, os paleoambientes e a vida passada. Se o ser humano preza por sua história, conservando documentos, relatos e registros, por que não deveria conservar também as informações sobre o passado da Terra impressas nas rochas? A Carta de Digne (SIGEP, 1991) lembra ainda que a Terra é, foi, e sempre será o elo de união entre todos que nela habitam.

Se todo esse patrimônio geológico, e com ele os temas da geoconservação ainda permanecem pouco conhecidos pela sociedade, a espeleologia é uma ciência ainda mais desconhecida, não sendo abordada nos currículos e permanecendo restrita a pesquisadores e públicos muito específicos. Apesar do rico patrimônio espeleológico brasileiro e das cavernas atraírem muitos turistas, as escolas, mesmo as localizadas próximas às ocorrências das cavernas, ainda pouco as utilizam para abordagens de temas curriculares. Entendemos que as cavernas têm um grande potencial educativo, pois possibilitam abordagens múltiplas e interdisciplinares, bem como a promoção dos valores éticos e estéticos, tão importantes para a consciência ambiental, para o desenvolvimento pessoal, artístico, físico e comportamental. Isto porque a espeleologia contempla um conjunto de conhecimentos interdisciplinares, que relaciona aspectos físicos, químicos, sociais, históricos e culturais, em torno de propósitos como descobrir, conhecer e conservar o ambiente, conhecer o mundo em que vive, a humanidade, sua história, seu espaço e seu tempo.

Embora a Educação Ambiental seja uma área reconhecida pela sociedade, por políticas públicas e por diretrizes curriculares na educação⁵, ainda não observamos mudanças significativa nas ações, valores e modos de agir em relação ao meio ambiente.

⁵ A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) contempla um tópico específico para Educação Ambiental, orientando a interdisciplinaridade e a importância de seu trabalho em diferentes níveis educacionais.

Documentos orientadores e diretrizes curriculares atualmente adotados pelas escolas, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), proposto pela Unesco na Agenda 2030 (ONU, 2016) e a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) enfatizam a compreensão da sustentabilidade. Estes documentos pressupõem que os estudantes entendam a importância da biodiversidade para a manutenção dos ecossistemas e do equilíbrio dinâmico socioambiental e sejam capazes de avaliar hábitos que envolvam recursos naturais identificando relações de processos naturais e sociais com nossa vida tanto no contexto histórico quanto atual. Especificamente o quarto objetivo dos ODS se refere à educação de qualidade, colocando a importância de se trabalhar a mudança curricular no sentido de provocar os valores da sustentabilidade através do envolvimento, da pesquisa e de experiências (ONU, 2016; RIECKMANN, 2017).

Posto isto, o presente artigo busca apresentar uma proposta educativa relacionada à espeleologia em escolas da rede pública e privada em diferentes regiões do país. O objetivo é apresentar possibilidades de desenvolvimento de conteúdos curriculares de forma interdisciplinar, tendo as cavernas como tema gerador, e considerando a abordagem do lugar e a preservação do patrimônio espeleológico correlacionados às diretrizes educativas atuais.

Cavernas como proposta de ensino e aprendizagem interdisciplinar

a. Sobre interdisciplinaridade

Mozena e Ostermann (2017) apontam que a interdisciplinaridade tem sido vinculada como um dos aspectos fundamentais de uma educação de qualidade. As autoras, analisando a obra de Ivani Fazenda, concluem que a interdisciplinaridade é apresentada por ela muito mais como “*um novo modo de enxergar e lidar com o conhecimento*”, do que às questões conceituais e de conteúdo relativas ao conhecimento científico e cultural. Sendo assim, para as autoras, a interdisciplinaridade é muito mais do que uma simples interligação de conteúdos de disciplinas, mas é uma atitude. De fato, Fazenda (2011, p. 25) aponta que a interdisciplinaridade se constitui na superação da concepção fragmentária para a unitária do ser humano. Sendo assim, a interdisciplinaridade escolar deve ser relacionada aos sujeitos, suas interações sociais e sua vida, não levando em consideração os conteúdos específicos apenas. Para a autora “*Interdisciplinaridade não é categoria de conhecimento, mas de ação*” (FAZENDA, 2011 p. 80).

Para Carvalho (2004) a interdisciplinaridade se propõe a abrir espaço para mediação entre conhecimentos e articulação de saberes, tendo como meta estabelecer conexões entre as disciplinas.

De acordo com Gaudiano (2005), a interdisciplinaridade é a busca de novos sentidos de conhecimento que as disciplinas individuais não estão em condições de proporcionar e a educação escolar permanece submetida às severas limitações das disciplinas convencionais. Para o autor, a

interdisciplinaridade pode ser entendida como “*uma proposta epistemológica que tende a superar a excessiva especialização disciplinar surgida da racionalidade científica moderna*”.

Saviani (*apud* DUARTE; SAVIANI, 2019) aponta com base na pedagogia-histórico-crítica que a educação busca se adequar a um “acervo de referências” que, segundo ele, contempla o conjunto de conhecimentos necessários para se viver e trabalhar em cada sociedade, o que pode mudar com o tempo e espaço. Segundo Saviani, o conteúdo curricular atual da escola elementar no Brasil busca justamente essa adequação do desenvolvimento do ser humano com o trabalho. Segundo ele, a educação de nível médio deverá buscar então um sentido “politécnico” do saber, o que significa a não especialização, mas basear-se na multiplicidade de processos, ideias e técnicas, o que entendemos também como defesa da interdisciplinaridade.

Em comum, os autores mencionados abordam a interdisciplinaridade como um conceito polissêmico. Apontamos assim, que a proposta educativa interdisciplinar que parte dos conhecimentos sobre as cavernas pode auxiliar a estabelecer princípios pedagógicos orientadores que contribuam para a compreensão da realidade, especialmente em locais próximos às unidades de conservação e parques que preservam o patrimônio espeleológico.

b. Uma questão de propósito

Sabe-se que os estudantes “*resistem a aprender coisas cuja utilidade não veem, porque não conseguem encontrar gosto pelo saber, pela aprendizagem, pelo estudo e pelo esforço*” (DELVAL, 2007).

Há décadas o método de ensino não participativo, assim como aquele cujo conteúdo curricular não é associado a propósitos pelos alunos são discutidos e questionados por pesquisadores em educação (PÓLYA, 1954; LAKATOS, 1978; FREIRE, 1997; DELVAL, 2007; DUARTE; SAVIANI, 2019).

Pólya (1954) e Lakatos (1978) colocavam a heurística como o contrário do pensamento procedural na escola, mas como a arte de inventar, de fazer descobertas, de dar mais elementos para o processo de pensar e assim ressignificar o conhecimento aplicado em sala de aula.

Baseando-se em metodologias com o pressuposto central tendo a própria atividade do sujeito como início dos conhecimentos (PIAGET, 1987), a proposta aqui apresentada é que se possa promover nas escolas espaços de participação efetiva dos estudantes na construção de conhecimentos e valores, enfatizando formas de participação e intervenção social. A partir do interesse dos estudantes para promover a aprendizagem, pode-se romper com uma matriz curricular que se desprende de realidade vivida e de práticas pedagógicas repetitivas e acríticas, que pouco produzem conhecimentos para a transformação desejada pelos esforços educacionais brasileiros (KELLER-FRANCO; MASETTO, 2012).

Levando a discussão para problemáticas atuais e mais amplas, Santos (2020) chama a atenção para o afastamento entre intelectuais e o cidadão comum. Segundo o autor, os intelectuais – e podemos entender a academia e os cientistas dentro deste grupo – passaram a escrever sobre o mundo, mas não com o mundo, o que os afastou das aspirações e necessidades da sociedade. O produto deste afastamento é a abertura de espaços para outros interlocutores que, muitas vezes, se fundamentam no senso comum desconexo com o pensamento científico.

A presente proposta, portanto, busca um caminho metodológico dialógico, que procura construir os conhecimentos escolares em conjunto com os estudantes, no qual eles propõem indagações a partir dos diferentes pontos de vista e estimulam conjecturas entre as diferentes áreas do conhecimento (Figura 1). Com isso, aproximam-se do pensamento científico, dos objetivos e propósitos das pesquisas.



Figura 1: Espeleologia como tema interdisciplinar envolve diferentes conhecimentos curriculares. **Fonte:** elaborado por Daniel Menin.

As cavernas, em geral, despertam interesse dos estudantes pois constituem-se num ambiente desconhecido e possibilitam a aventura da exploração, proporcionando múltiplas possibilidades de desenvolvimento dos conhecimentos curriculares. Por meio da vontade de explorar o mundo, conhecer e aprender coisas que fazem sentido para satisfazer esta vontade – os estudantes se veem lançados à aventura do conhecimento e incentivados a exercer papel ativo no processo de aprendizagem.

Lakatos (1978) critica justamente o caminho tradicional, que oculta esta aventura (usando originalmente o estudo da matemática em suas pesquisas) apresentando a fórmula e escondendo o raciocínio por detrás da solução. Segundo ele, o estilo dedutivista, mais axiomático, é inimigo do pensamento

crítico e não proporciona ao estudante a experiência na construção do conhecimento. Processos que entregam ao aluno o conhecimento pronto, diminuindo assim o risco e a dor do processo, mas também não o ensinando a pensar por si só, o que o empodera para a vida.

Freire (1997) denominava “educação bancária” o método de ensino cujo professor assume um papel de transmissor de conhecimento e os alunos de receptores, sem que esse conhecimento tenha sido construído em conjunto ou sequer faça parte da realidade vivida por quem aprende.

Desde a década de 1920, Piaget já alertava para a necessidade de que a educação se pautasse na ação do sujeito que pensa, se desequilibra com os conflitos cognitivos e é capaz, assim de construir novos conhecimentos. Não aleatoriamente, Piaget chamava a criança de “pequeno cientista” (PIAGET, 1993).

Carvalho (2006) reitera como uma das esferas do conhecimento a dimensão dos valores éticos e estéticos dos indivíduos cuja sensibilidade desenvolvida neste processo se relaciona com o compromisso que ele desenvolve com os seres vivos e não-vivos.

Nesse sentido, observamos que as cavernas, e todo conjunto de vivências que elas proporcionam, contribuem para uma aprendizagem mais estética, cujas experiências com o corpo, bem como as sensações vividas pelo indivíduo não se separam do campo racional do aprendizado, mas contribuem para dar um novo significado a esse aprendizado, conectando os estudantes ao mundo em que vivem (BACH JR, 2007; MARIN, 2007; GOMES; IARED, 2021).

Apresentação da proposta educativa

A proposta educativa aqui apresentada originou-se em 2019 com a adoção do livro *Dizem que toda caverna é assim...*, (MENIN; TOGNETTA, 2019), pela rede pública de ensino da cidade de Sumaré, no Estado de São Paulo. Com o objetivo de complementar o conteúdo paradidático apresentado pelo livro, os autores desenvolveram à época um projeto para estimular o desenvolvimento de práticas interdisciplinares nas escolas. Além da rede pública de ensino mencionada, nos dois anos seguintes, o projeto foi expandido para escolas em diferentes contextos socioeconômicos e regionais contemplando também a rede particular, escolas rurais e, na pandemia, adaptações para o formato remoto. Entre junho de 2019 e o final de 2021, mais de cinco mil alunos participaram deste projeto, em diferentes níveis de envolvimento, nos estados de São Paulo, Minas Gerais e da Bahia.

A proposta se desenvolve em duas fases, uma primeira junto aos professores e a segunda com os estudantes (Figura 2).



Figura 2: Fases da proposta educativa.

Fonte: Elaborado por Daniel Menin.

Na primeira fase é realizada uma apresentação do projeto para a coordenação pedagógica da escola. Em seguida, inicia-se a formação de professores com carga horária de até 6 horas divididas entre atividades expositivas dialogadas, oficinas práticas e planejamento. Esta fase tem como objetivo promover a apropriação de conhecimentos específicos sobre espeleologia pelos professores, além de possibilitar discussões sobre interdisciplinaridade, uma vez que as diferentes áreas de conhecimento que integram a espeleologia são comparadas às disciplinas curriculares e às possibilidades de integrá-las. Tal integração dos conhecimentos promove uma melhor compreensão dos fenômenos naturais do passado e presente da Terra.

Nesta fase, os professores manuseiam equipamentos usados na espeleologia, conhecem procedimentos relacionados às pesquisas e ao mapeamento de cavernas, observam amostras de rochas, minerais e réplicas de fósseis. Tais atividades, associadas a materiais didáticos como livros, apostilas e vídeos, proporcionam a identificação das inúmeras correlações entre os conteúdos apresentados e o currículo escolar.

Os trabalhos são realizados em grupos de professores, o que também permite o diálogo entre as diferentes áreas presentes na formação inicial, bem como a construção de estratégias de ensino e aprendizagem comuns, numa perspectiva interdisciplinar (Figuras 3). Ao final desta fase, é elaborada uma agenda com ações disparadoras, desenvolvimento e sedimentação das trocas ocorridas e dos conhecimentos apreendidos, as quais serão implementadas pelas escolas junto aos estudantes nos meses subsequentes de desenvolvimento do projeto.



Figura 3: Encontros com coordenação pedagógica e professores em 2019. À esquerda, Rede pública de Sumaré, SP. À direita, formação de professores na Escola Experimental, em Salvador, BA. **Fonte:** Fotos de Daniel Menin.

A segunda fase consiste no desenvolvimento de atividades com os estudantes. O disparador pode ser uma aula presencial ou a leitura do livro paradidático adotado no projeto, *Dizem que toda caverna é assim...*⁶ (MENIN; TOGNETTA, 2019). O primeiro contato com os estudantes é feito por meio de uma palestra expositiva e dialogada, a qual promove envolvimento, encantamento e aprendizado. Durante a aula são também apresentados equipamentos espeleológicos, amostras de rochas, réplicas de fósseis, mapas e filmes. A partir de uma perspectiva da aventura de explorar e desvendar um mundo subterrâneo, os estudantes são apresentados aos métodos científicos e alguns dos seus resultados como pesquisas paleoclimáticas, arqueologia, paleontologia, espeleogênese, entre outros (Figuras 4 e 5).



Figura 4: Imagens utilizadas nos materiais didáticos. **Fonte:** Fotos de Daniel Menin.

⁶ O livro "Toda caverna é assim..." de Daniel Menin e Luciene Tognetta (ISBN: 978-85-7913-466-1) foi publicado pela Editora Adonis em janeiro de 2019.

Os conteúdos sobre espeleologia apresentados contemplam fotografias de trabalhos de campo no Brasil, que buscam trazer a realidade vista e vivida pelos espeleólogos, aproximando assim, os estudantes de uma real jornada de exploração e pesquisa nas cavernas.

Por meio das imagens, os alunos vão observando as características do ambiente subterrâneo, a necessidade da luz artificial, as ferramentas e vestimentas de pesquisa e os equipamentos usados. Por exemplo, imagens de um espeleólogo coletando dados climáticos com um computador no ambiente subterrâneo, de uma arqueóloga descobrindo um artefato, de uma geoquímica realizando experimentos ou ainda de um explorador descobrindo novos condutos (Figura 4), são exemplos que mesclam aventura e exploração com o emprego de métodos científicos e produção de conhecimento.

Todo esse arcabouço retratado contribui com os conhecimentos que se quer promover e apresenta os diferentes profissionais envolvidos no estudo das cavernas.

De forma a sensibilizar os estudantes e despertar a curiosidade deles, a aula expositiva também conta com o manuseio de equipamentos de espeleologia como um capacete com iluminação adequada, bússola e outros materiais utilizados para realização de levantamento topográfico e exploração das cavernas. Os estudantes têm acesso a réplicas de fósseis da megafauna brasileira, a croquis de cavernas desenhados em campo e a alguns mapas finalizados, podendo observar, indagar, questionar e aprender por meio do manuseio dos diferentes materiais (Figura 5).



Figura 5: Estudantes assistindo à palestra e manuseando materiais relacionados à exploração de cavernas. **Fonte:** Fotos de Daniel Menin (ao centro e à direita), Colégio Xingú (à esquerda superior), Colégio Conquista (à esquerda abaixo) e Colégio Projeto Vida (à direita inferior).

O livro paradidático adotado pelas escolas (MENIN; TOGNETTA, 2019) apresenta uma abordagem lúdica sobre a formação das cavernas e dos espeleotemas, da biologia evolutiva, da arqueologia, da topografia subterrânea e de outros processos geológicos e biológicos do meio subterrâneo.

Através de links (QR Codes) disponíveis nas páginas que apresentam fotos das cavernas brasileiras, muitas delas desconhecidas pela maioria das pessoas, os alunos têm acesso a uma coleção de 16 vídeos curtos. Trata-se de um material *online* suplementar para auxiliar os professores em sala de aula e promover trabalho investigativo de aprofundamento em diferentes temas relacionados. Outros vídeos educativos⁷ elaborados pelo CECAV/ICMBio (Centro Nacional de Estudos e Pesquisas de Cavernas do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) também são indicados como materiais complementares para os professores (Figura 6).

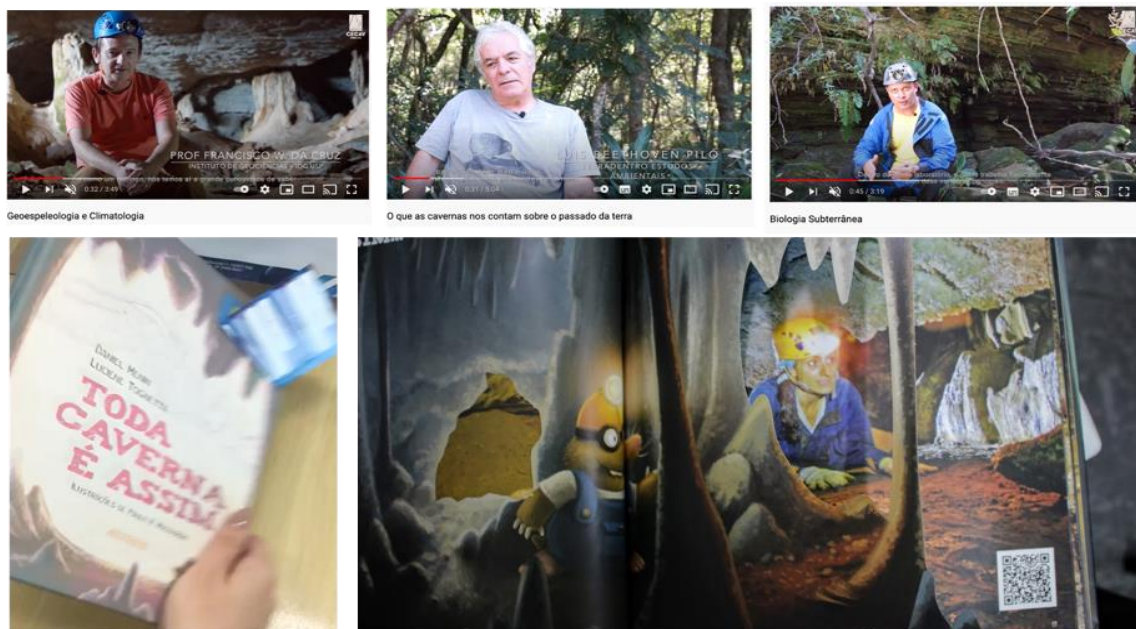


Figura 6: Materiais didáticos de apoio aos professores. **Fonte:** Fotos de Daniel Menin.

Quando possível, também é realizado um trabalho em campo, no qual os estudantes visitam uma caverna e realizam atividades de observação, coleta de dados e registros sobre o meio, usando como base mapas topográficos, além de trena, bússola, termômetro e medidor de umidade.

Os estudantes anotam em cadernetas os dados obtidos na gruta, como umidade e temperatura, além de fazerem descrições da caracterização dos ambientes de coleta e desenho de croquis, da orientação geográfica (com o uso de bússolas e trenas para desenho em escala) e observações de campo (Figura 7). Durante algumas horas em campo, diferentes experiências no ambiente subterrâneo são vivenciadas. Além das explicações no local, também são orientados a tirar fotografias subterrâneas, aprendendo conceitos sobre captação de imagem em ambientes com pouca luz através de técnicas fotográficas específicas e entendimento conceitual artístico.

⁷ Vídeos educativos podem ser acessados no canal de Youtube do CECAV ICMBio em https://www.youtube.com/channel/UCW_krJNC_NOJdwmvJjQVQJQ/videos



Figura 7: Atividades de campo com alunos em cavernas da Chapada Diamantina (Grutas Lapa Doce e Torrinha). **Fonte:** Fotos de Daniel Menin.

A atividade na caverna busca estimular o pensamento científico, com abordagem de métodos consagrados de coleta de dados em campo, para posteriormente, serem analisados em sala de aula, com discussões em grupo para elaboração de hipóteses e explicações dos resultados obtidos.

Além disso, o ambiente exterior à sala de aula também contribui para o desenvolvimento das habilidades socioemocionais, uma vez que proporciona a vivência em grupo, o enfrentamento do desconhecido e a superação das dificuldades. A observação *in situ* de diferentes fenômenos estudados em sala de aula, e uma notável experimentação de trabalho em grupo e colaboração contribui com o desenvolvimento físico e emocional dos indivíduos.

Uma outra parte desta fase da proposta constitui-se na elaboração de um projeto interdisciplinar nas escolas participantes, por meio do qual as diferentes disciplinas podem se interconectar. Os conteúdos curriculares são, então, desenvolvidos a partir do tema gerador (as cavernas) e abordados de diferentes maneiras pelos professores e estudantes.

Durante o processo, os estudantes são inspirados a criar representações que conectam seus conhecimentos previamente adquiridos em sala de aula e retrabalhados em campo, no desenvolvimento de projetos interdisciplinares (Figuras 8, 9, 10 e 11).

Os resultados de tais representações são apresentados e discutidos coletivamente de maneira que possam aprender com os colegas, tendo o professor como mediador. Como produtos de projetos escolares, foram elaboradas maquetes ricamente detalhadas do ambiente subterrâneo, relacionadas à compreensão de aspectos importantes da geografia física, como o relevo cárstico e suas características (Figura 8a). Na imagem pode-se observar as rochas em cor cinza (calcário), as estruturas sedimentares depositadas em camadas horizontais, os recortes que representam a dissolução por água das rochas, bem como as zonas subterrâneas com espeleotemas. As figuras 8b e 8c são fotografias de um salão real repleto de travertinos e estalactites que serviram de inspiração para a confecção da maquete.

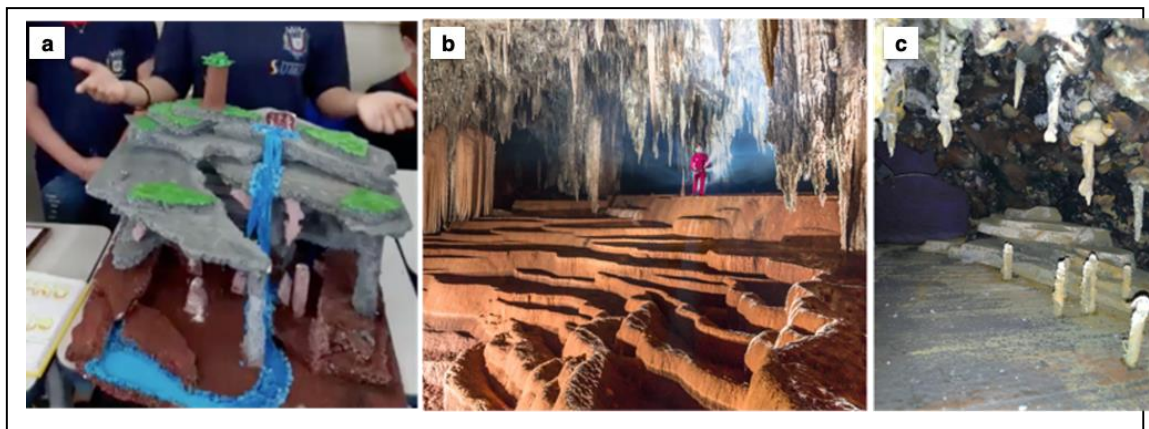


Figura 8: a) Maquete que representa na riqueza dos detalhes os conteúdos estudados. b) e c) fotografias de cavernas com travertinos e estalactites.

Fonte: Colégio Nilza Thomazini (a) e Daniel Menin (b e c).

Outros projetos elaborados pelos estudantes relacionam-se à paleontologia, representando períodos geológicos nos quais pode-se encontrar fósseis da megafauna brasileira nas cavernas do país. Maquetes sobre este tema representaram sítios paleontológicos com fósseis parcialmente enterrados que demonstram a preocupação com a conservação *in situ* do material, protegido por fitas de isolamento (Figura 9a). Um crânio de um tigre dente-de-sabre construído em argila (Figura 9b) e um painel com informações sobre o tatu gigante (Glyptodonte), espécimes representantes da megafauna brasileira também demonstraram o aprofundamento dos alunos por temas relacionados às cavernas (Figura 9c).

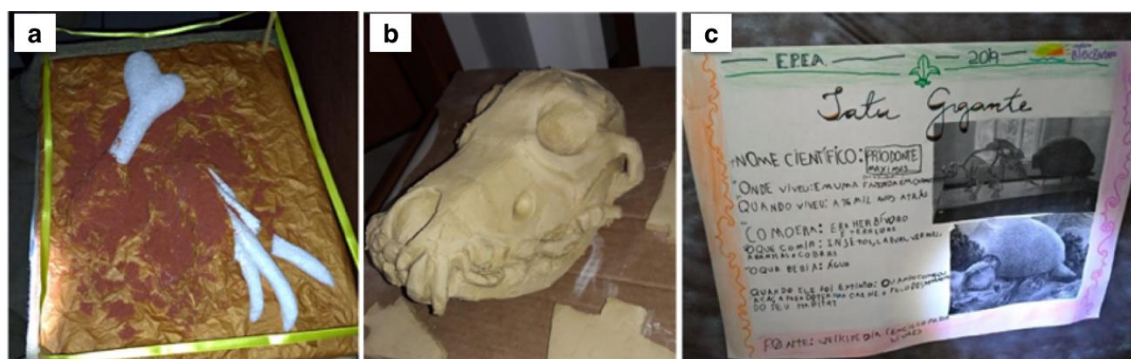


Figura 9: a) Maquete de sítio paleontológico; b) crânio de animal da megafauna extinta do final do Pleistoceno (período entre 1,7 milhão a 10 mil anos); c) painel com informações sobre a megafauna brasileira. **Fonte:** Daniel Menin (a, c) e Colégio Biocêntrico (b).

A arqueologia também foi bem representada em trabalhos expostos pelos estudantes, o que demonstrou o aprofundamento dos estudos das cavernas com a história da ocupação humana no Brasil. Algumas maquetes representaram sítios arqueológicos em cavernas. Na Figura 10a pode-se observar peças indígenas tradicionais reconstruídas em argila, na Figura 10b, a representação de um esqueleto humano encontrado dentro de uma caverna, bastante comum em diferentes regiões do Brasil e, na Figura 10c, a reprodução

de um painel de pinturas rupestres encontrado em abrigos próximos às entradas de cavernas.



Figura 10: Projetos relacionando as cavernas com a história da ocupação humana. a) peças indígenas tradicionais reconstruídas em argila; b) representação de um esqueleto humano encontrado dentro de uma caverna; e c) painel de pinturas rupestres

Fonte: Fotos de Daniel Menin

A disponibilidade de amostras de materiais geológicos também contribui significativamente para uma melhor compreensão sobre os fenômenos geológicos estudados e seus produtos, mas também sobre como se dá o trabalho do cientista. Uma amostra de estalagmite cortada em perfil possibilitou a observação das camadas de crescimento do espeleotema representando épocas e regimes climáticos diferentes (Figura 11a). A observação estimula os estudantes a conectar aquilo que se observa com as informações que se investiga correlacionando diferentes elementos como água, rocha, solo, tempo e mineral (Figura 11b).

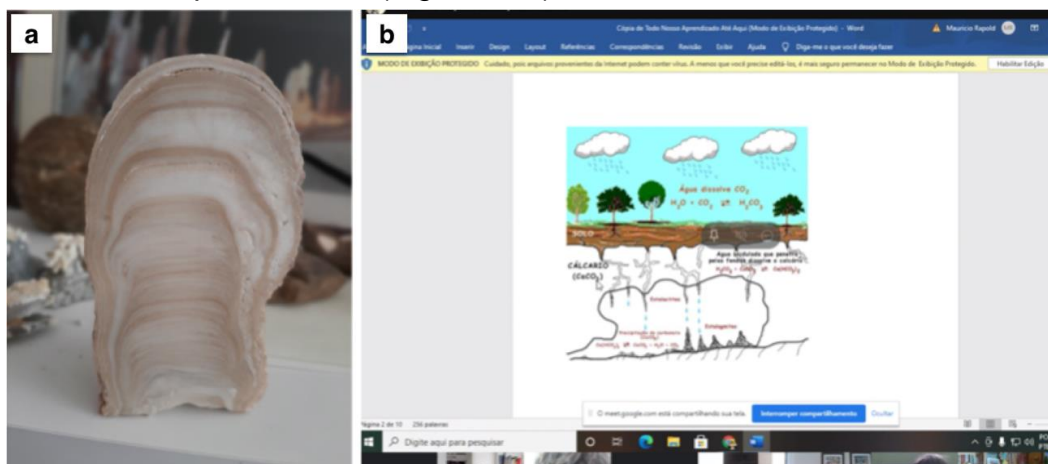


Figura 11: a) amostra geológica de estalagmite cedida pelo Laboratório de Estudos do Carste do Instituto de Geociências da USP e, b) apresentação de um projeto escolar sobre a formação de cavernas, em modo remoto, durante a pandemia. **Fonte:** Fotos de Daniel Menin.

Uma parte importante do projeto foi a de promover a experimentação e o autoconhecimento. Exposições realizadas pelos estudantes representando a profissão dos espeleólogos com equipamentos de topografia (dando novos sig-

nificados ao aprendizado da matemática e da trigonometria) demonstraram o envolvimento com novas possibilidades de futuro profissional (Figura 12 a e b). Destaca-se ainda, a apresentação que contemplou os conceitos de geoconservação e a apresentação de um caso real sobre a maior caverna da Amazônia, a Caverna Paraíso (Figura 12c).

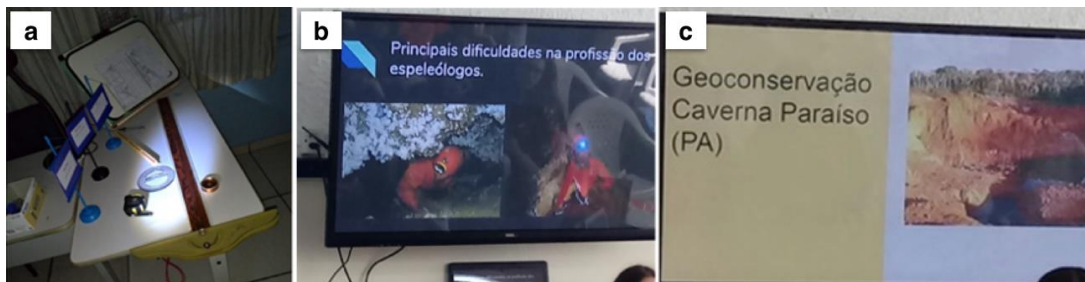


Figura 12: a) e b) Representação de profissões e c) abordagem de conceitos relacionados à geoconservação **Fonte:** Fotos de Daniel Menin.

Resultados e discussão

O projeto educativo descrito neste artigo vem sendo desenvolvido em escolas públicas e particulares em várias regiões do país, com estudantes do ensino fundamental da educação básica.

Os resultados obtidos evidenciam que existe interesse pelo tema das cavernas e possibilidades de inserção nos currículos de forma articulada com os conteúdos e, também, seguindo as diretrizes da BNCC. Essencial para a implementação dos projetos nas escolas é o envolvimento dos professores e da gestão escolar. A avaliação do projeto nas escolas é qualitativa, por meio da observação das atividades pedagógicas propostas pelos professores e dos projetos desenvolvidos pelos estudantes.

Os projetos escolares interdisciplinares estimulam, assim, a realização de conjecturas, utilizando os conhecimentos previamente adquiridos e conectando-os à realidade dos estudantes. A interpretação das informações coletadas em campo ou em trabalhos de investigação e aprofundamento com base no interesse pelo tema das cavernas, tem se mostrado um caminho promissor na aprendizagem dos estudantes.

Após o desenvolvimento do projeto em diferentes escolas com realidades socioeconômicas diversas, tanto na rede pública, como na rede particular, em cidades e estados diferentes, podemos concluir que há um forte interesse e envolvimento dos professores e dos estudantes, conectando diferentes conhecimentos ao tema das cavernas, e que é possível apreender diferentes conteúdos do currículo associados com atividades lúdicas, diferentes recursos didáticos diferenciados e atividades exteriores à sala de aula, quando possível.

Os projetos dos estudantes evidenciam a interdisciplinaridade, nas mais diferentes formas de representações, como as maquetes, as apresentações orais, os painéis explicativos, a organização dos conteúdos e,

para além disso, as diferentes estratégias didáticas usadas pelos professores para promover a integração das disciplinas. A diversidade dos projetos e a criatividade dos estudantes indicam o aprendizado de procedimentos científicos e de conteúdos. Também evidenciam a adequação do processo educativo relacionado às cavernas para este nível de ensino. Despertam ainda valores e atitudes de conservação dos ambientes subterrâneos, reconhecendo a importância do patrimônio geológico no Brasil.

Desenvolver propostas educativas que contemplem valores e conceitos ambientais, possibilitando aos estudantes que eles explorem e construam conhecimentos a partir do próprio interesse pelas cavernas contribuiu para aprendizagens mais significativas. Esse envolvimento, associado às propostas pedagógicas dos professores que vão mediando o acesso às informações ao longo das etapas de investigação, construção e produção dos projetos, tem se mostrado efetivo.

Desta maneira, partir do interesse e curiosidade que as cavernas despertam nos estudantes para promover a interdisciplinaridade pode levar à ressignificação dos conteúdos escolares, promovendo mais interesse e maior envolvimento com a realidade.

Em alguns trabalhos realizados pelos estudantes nota-se a apreensão de conceitos topográficos, representados em mapa das cavernas e nas maquetes, correlacionados com outros temas. A exemplo, em um dos desenhos elaborados foi possível observar o mapa de uma caverna em perfil contendo aspectos importantes como água, fósseis, pinturas rupestres, espoletemas e a interação entre a caverna e o ser humano (casas posicionadas em cima e próximas às entradas). Destaca-se assim, conhecimentos relacionados à geoconservação, que considera a presença humana em áreas protegidas e sua relação com o ambiente (Figura 13 a e b). Tanto o mapa quanto outras anotações observadas em cadernos dos estudantes chamam a atenção para o envolvimento e o interesse com aquilo que se aprende.

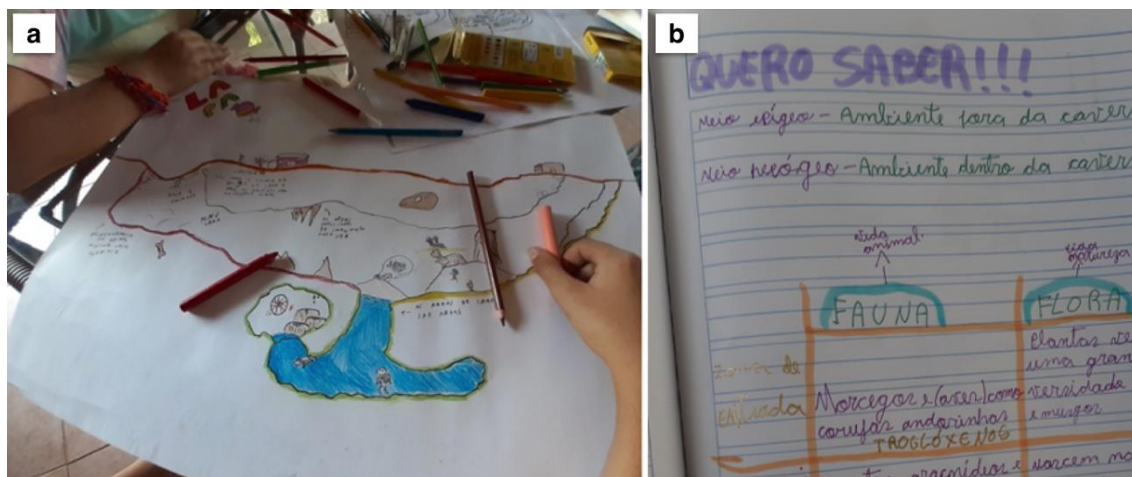


Figura 13: Trabalhos realizados em grupo com mapa de uma caverna (a) e anotações em caderno de lada de aula (b). **Fonte:** Fotos de Daniel Menin.

Considerações finais

A proposta educativa apresentada neste artigo contribui de maneira direta para a Educação Ambiental, educação científica e geoconservação. Por meio das cavernas, este projeto educativo sensibiliza os estudantes para a compreensão das diferentes áreas do conhecimento associadas à espeleologia, bem como a conexão entre elas para uma melhor compreensão do mundo e do nosso papel nele. Ao compreender o universo de possibilidades em estudo, pesquisas e informações que as cavernas abrigam, os estudantes também apreendem valores ambientais, sobre a importância de conservar estes ambientes, elaborando estratégias de geoconservação.

Outro ponto a ser considerado é a inserção dos estudantes no campo da pesquisa, aprendendo métodos de coleta e análise de dados, o que contribui para a educação científica. Vivemos um momento em que é notório o distanciamento entre o meio científico e a sociedade e em que nas Ciências da Terra, este fenômeno parece ser ainda mais gritante. Quantos geocientistas são conhecidos? O que se sabe sobre as mais recentes descobertas que revelam segredos sobre a evolução da vida e do nosso planeta? A divulgação científica se faz ainda mais importante, já sendo reconhecida pelo meio acadêmico como crítica para a manutenção e o reconhecimento da ciência na sociedade. Áreas de estudos do clima, paleontologia, arqueologia, espeleogênese e biologia podem emergir dentro das salas de aula com os estudos das cavernas. Divulgá-las interessa não somente ao meio acadêmico, às escolas ou às instituições de pesquisa, mas a toda sociedade.

Mesmo que estes temas não façam parte diretamente do conteúdo curricular, proporcionar uma visão mais abrangente sobre o mundo, diferentes profissões e áreas do conhecimento é uma orientação da BNCC para os estudantes do ensino fundamental. Destaca-se, portanto, a inserção deste tema nas escolas seguindo as orientações deste documento vigente. A importância do desenvolvimento de conhecimentos, competências e habilidades na formação escolar pode ser potencializada a partir de projetos interdisciplinares que perpassem de forma criativa, lúdica e desafiadora as disciplinas do currículo. A Espeleologia e as diferentes áreas do conhecimento nela inseridas apresentam, assim, inúmeras possibilidades didático-pedagógicas no ensino e aprendizagem das ciências, buscando por meio da descoberta, do conhecimento contextualizado, e do debate socioambiental, promover a conservação do patrimônio espeleológico. Desta forma, aprender a se conhecer, conhecer o mundo em que vive, a humanidade, sua história, seu lugar no espaço e no tempo.

A compreensão do patrimônio natural pressupõe que os estudantes, além de entenderem a importância da biodiversidade para a manutenção dos ecossistemas e do equilíbrio dinâmico socioambiental, sejam capazes de avaliar hábitos de consumo que envolvam os recursos naturais e artificiais e identifiquem relações dos processos atmosféricos, geológicos, climáticos e sociais com as condições necessárias para a manutenção da vida no planeta,

atendendo aos fundamentos da Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999).

Referências

BACH JR., J. A percepção ambiental na pedagogia Waldorf pelas reflexões de Bachelard e sua relação com as bases da educação estética e ambiental. REMEA - **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 18, jan./jun. 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC. URL: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em 25 de janeiro de 2022. Acesso em 05/05/2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Educação Ambiental**. 1999. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/politicas/pnea.html>>. Acesso 10 de novembro de 2021.

CARVALHO, I.C.M. **Educação Ambiental**: a formação do sujeito ecológico. São Paulo. Cortez. 2004.

CARVALHO, L.M. A temática ambiental e o processo educativo: dimensões e abordagens. In: CINQUETTI, H. C. S.; LOGAREZZI, A. (Orgs.). **Consumo e Resíduo: fundamentos para o trabalho educativo**. São Carlos: Edufscar, 2006. p. 19-41.

DECLARAÇÃO internacional dos direitos à memória da Terra. In: IMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE A PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 1, 1991, Digne-les-Bains. **Actes** [...]. Digne-les-Bains, France: Societé de Geologique de France, 1991.

DELVAL, J. **A escola possível**: democracia, participação e autonomia. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2007.

DUARTE, N.; SAVIANI, D. Entrevista com o professor Dermeval Saviani "pedagogia histórico-crítica na atualidade". **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, SP, v. 16, n. 2, p. 4-12, 2019.

FAZENDA, I.C.A. (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. 13. ed. Campinas, SP: Papirus. 2011.

FESTOZO, M.; TOZZONI-REIS, M.F.C. Ambientalização curricular no ensino superior: problematizando a formação de educadores ambientais. **Anais do Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino (ENDIPE)**, 16, 2012, Campinas, Anais [...]. Campinas, SP: UNICAMP, 2012. p.13-23.

FREIRE, P. Educação "bancária" e educação libertadora. In: PATTO, M.H.S. (org.). **Introdução à psicologia escolar**. 3. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997. p. 61-78.

GAUDIANO, G.E. Interdisciplinaridade e Educação Ambiental: explorando novos territórios epistêmicos. *In*: SATO, M.; CARVALHO, I.C.M. (org.). **Educação Ambiental: pesquisa e desafios**. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 120-132.

GOMES, H.A.; IARED, V.G. A pedagogia Waldorf e a Educação Ambiental: um diálogo a partir de uma perspectiva ecofenomenológica. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 38, n. 1, p. 202-223, 2021.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester, England: John Wiley e Sons, 2004. p. 434.

GUIMARÃES, M. **A formação de educadores ambientais**. Campinas, SP: Papirus, 2004.

KELLER-FRANCO, E.; MASETTO, M. T. Currículo por projetos no ensino superior: desdobramentos para a inovação e qualidade na docência. **Revista Triângulo**, Uberaba, v. 5, n. 2, p. 03-21, jul./dez. 2012.

LAKATOS, I. **A lógica do descobrimento matemático: provas e refutações**. Zahar, 1978.

LOUREIRO, C.F.B. Educar, participar e transformar em Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Brasília, n. Zero. p.13-20, 2004.

MARIN, A A. A Educação Ambiental nos caminhos da sensibilidade estética. **Revista Inter Ação**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 277-290, 2007.

MENIN, D.S.; TOGNETTA, L.R.P. **Dizem que toda caverna é assim...** literatura infanto-juvenil. Americana, SP: Adonis, 2019.

MOZENA, E.R.; OSTERMANN, F. Dialogando sobre a interdisciplinaridade em Ivani Catarina Arantes Fazenda e alguns dos integrantes do grupo de estudos e pesquisa em interdisciplinaridade da PUC-SP (GEPI). **Revista Interdisciplinaridade**, São Paulo, n. 10, 2017.

ONU. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 10/02/ 2022.

PIAGET, J. A construção do conhecimento. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, 1987. Disponível em: <<http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2011/03/a-construcao-do-conhecimento-segundo-piaget.pdf>>. Acesso em: 03 de Março de 2022.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1993.

PÓLYA, G. **Mathematics, and plausible reasoning: induction and analogy in mathematics**. Princeton University Press, 1954.

Revbea, São Paulo, V. 17, Nº 3: 72-91, 2022.

RIECKMANN, M. **Educação para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**: Objetivos de Aprendizagem. 2017.

SANTOS, B.S. **A cruel pedagogia do vírus**. Boitempo Editorial, 2020.

SIGEP. Serviço Geológico Brasileiro. **Simpósio internacional sobre a proteção do patrimônio geológico**, 1., 1991, Digne-Les-Bains, França. Declaração Internacional dos Direitos a Memória da Terra. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/destaques/Declaracao_Internacional_Direitos_a_Memoria_da_Terra.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2022.

SILVA, R.L.F; CAMPINA, N. N. Concepções de Educação Ambiental na mídia e em práticas escolares: contribuições de uma tipologia. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 6, n. 1 p. 29-46, 2011.