

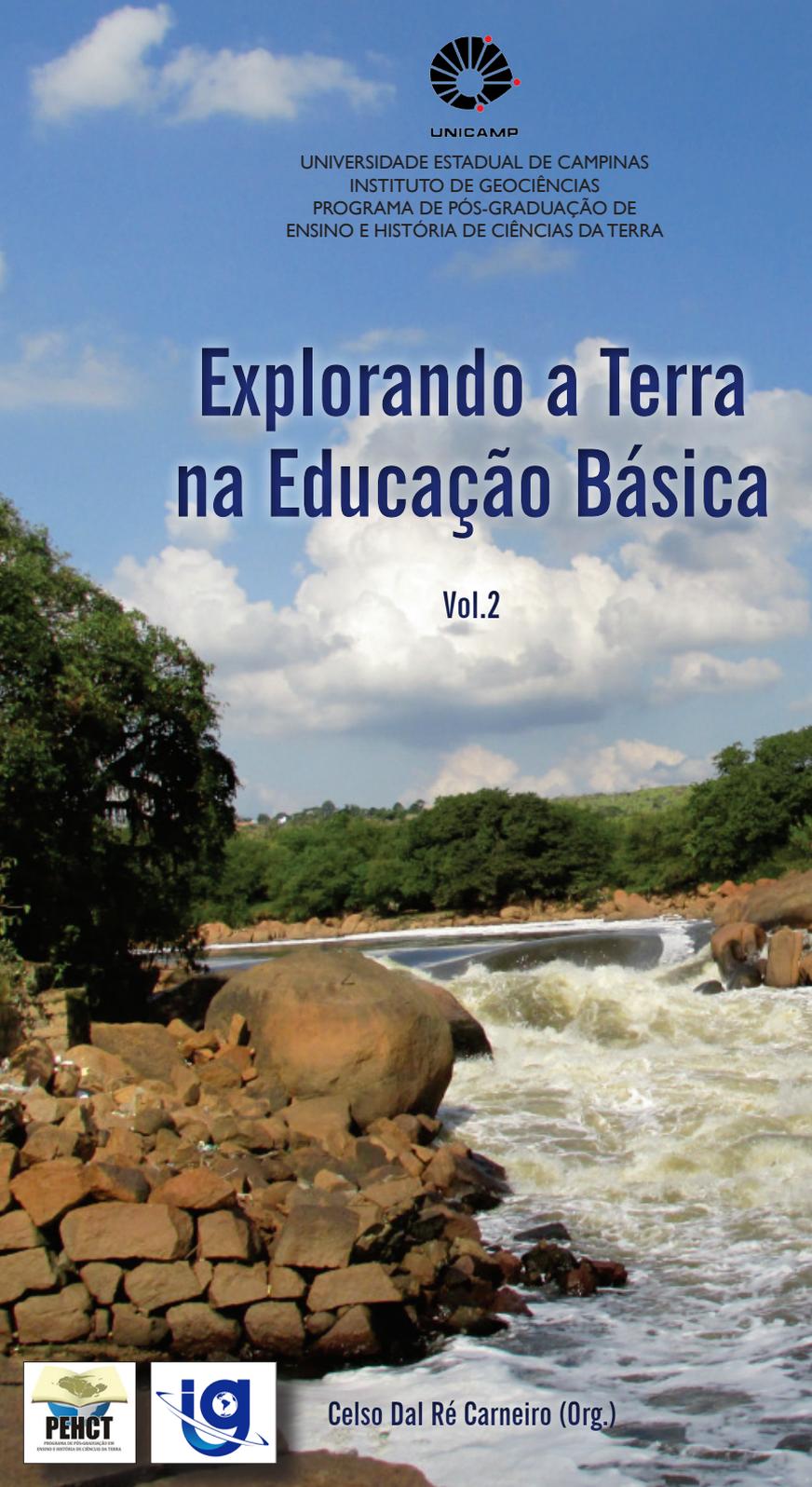


UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA

Explorando a Terra na Educação Básica

Vol.2



Celso Dal Ré Carneiro (Org.)

Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 2,
Programa de Pós-Graduação de Ensino e História
de Ciências da Terra Instituto de Geociências
Universidade Estadual de Campinas

Conselho Editorial:

Diretora: Paula Maciel Barbosa
Presidente: Celso Dal Ré Carneiro
Mediador: Andrea Bartorelli
Eduardo Salamuni
Elvo Fassbinder
Luciana Cordeiro de Souza Fernandes
Pedro Wagner Gonçalves
Rualdo Menegat
Ticiano José Saraiva dos Santos

Comitê Científico:

Andrea Bartorelli
Carlos Eduardo Barros
Elvo Fassbinder
Gleise Regina Bertolazi dos Santos
Hector Luis Lacreu
Ivan A. do Amaral
Jorge Megid Neto
José Alexandre de Jesus Perinotto
José Sellés Martínez
María Amelia Calonge García
Miguel A Tupinamba A Souza
Valderez Pinto Ferreira
Zorano Sergio de Souza

Editor-técnico: Gildenir Carolino Santos

Organizador

Celso Dal Ré Carneiro

Explorando a Terra na Educação Básica

Vol.2

.BeCa

São Paulo

2024

Celso Dal Ré Carneiro (Organizador)
Explorando a Terra na Educação Básica

.BeCa

São Paulo, SP, Brasil
2024
Copyright©

Editor: Celso Dal Ré Carneiro
Diagramação: Matias B. A. L. Lisboa
Revisão: Paula Maciel Barbosa e Celso D. R. Carneiro

Série Ciências da Terra na Educação Básica - Volume 2

Dados de Catalogação na Publicação (CIP) Internacional
Sistema de Bibliotecas da UNICAMP

Ex74 Explorando a Terra na educação básica [recurso eletrônico] / Celso Dal Ré Carneiro (org.); Gildenir Carolino Santos (ed. técnico). – São Paulo: Beca, 2024.
1 recurso online; il. – (Série ciências da Terra na educação básica; v.2)

Modo de acesso: WWW

Publicação digital (e-book) no formato PDF. [5,0 MB]

ISBN: 978-65-994829-4-6 (volume 2)

DOI: 10.20396/ISBN9786599482946

1. Professores – Formação. 3. Ciências naturais. 3. Ensino de ciências da Terra. 4. Ensino de ciências. I. Carneiro, Celso Dal Ré (org.). II. Santos, Gildenir Carolino (ed.). III. Série.

24-008

CDD – 370.71

Bibliotecário: Gildenir Carolino Santos – CRB-8ª/5447

Publicação digital – Brasil
1ª edição – março – 2024
ISBN: 978-65-994829-4-6

Foi feito o depósito legal, conforme Lei 10.994 de 14/12/2004



Esta obra está licenciada na categoria Creative Commons de Atribuição
Não Comercial-Compartilha Igual – CC BY-NC-SA.

Contato: Editora Beca.
Tel.: +55 (11) 98956-2747
E-mail: matiaslisboa@hotmail.com

Capa: Celso Dal Ré Carneiro, Pedro Wagner Gonçalves e Matias B. A. L. Lisboa
(as fotos que compõem a capa integram também o livro e aparecem com os devidos créditos nos respectivos capítulos).

Sumário do volume 2

Prefácio	VII
Sementes de Geociências para fertilizar a educação sobre história da Terra, uma apresentação	IX
Geociências e Aprendizagem Social: reflexões e possibilidades para a educação no contexto socioambiental	1
Vânia Maria Nunes dos Santos	
A contribuição de Dewey, Morin e Vygotsky para o ensino de mudanças climáticas	19
Daniela Resende de Faria, Priscila Pereira Coltri	
Pensamento crítico e criativo na Educação Básica por meio das Geociências	43
Ronaldo Barbosa, Celso Dal Ré Carneiro	
Ensinando as Ciências da Natureza em uma perspectiva inclusiva: o Desenho Universal para a Aprendizagem no planejamento curricular	69
Fabiana Curtopassi Pioker-Hara, Rosely Aparecida Liguori Imbernon, Tamires Aparecida Souza Silva	
Conservação da vegetação nativa: interface entre gestão e ensino ..	87
Renan Pinton de Camargo, Maxwell Luiz da Ponte, Joseli Maria Piranha	
Contributos da Agroecologia para alfabetização científica na Educação Básica	109
Renan Pinton de Camargo, Maxwell Luiz da Ponte, Joseli Maria Piranha	
Recursos para ensino e divulgação das Ciências da Terra em um polo turístico do Estado de São Paulo, Brasil	141
Maxwell Luiz da Ponte, Renan Pinton de Camargo, Joseli Maria Piranha	
A Educação Ambiental como estratégia de facilitação do desenvolvimento no transtorno do espectro autista no ambiente escolar na Educação Infantil	159
Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro, Daniela Santos Ferreira Neves	

Inserção das Geociências na educação básica: a experiência do Projeto Geo-Escola	181
Celso Dal Ré Carneiro, Ronaldo Barbosa, Danilo Furlan Amendola, Isabella Nogueira Bittar de Castilho-Barbosa	
Transposição Didática: da universidade para o museu, do museu para escola e da escola para sociedade	207
Tiago Davi Vicira Soares de Aquino, Giorgio Basilici	
Diálogos entre as Geociências e o Direito Ambiental para promover a educação ambiental	233
Luciana Cordeiro de Souza Fernandes, Alexandre Martins Fernandes, Celso Dal Ré Carneiro	
Autores (Vol.2)	260

Prefácio

Já está concluído o segundo volume do livro eletrônico *Explorando a Terra na Educação Básica*, da Série *Ciências da Terra na Educação Básica*. Tal como ocorreu no primeiro volume, este também é fruto de um trabalho coletivo árduo e comprometido, realizado por professores e alunos do Programa de Pós-Graduação de Ensino e História de Ciências da Terra (PPG-EHCT) do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, o qual neste momento tenho a honra de coordenar.

Neste livro denoto a grandeza intelectual dos textos apresentados e a competência de seus autores e sou muito grata ao convite feito pelo amigo e editor da importante obra, professor doutor Celso Dal Ré Carneiro, por quem nutro grande admiração e aprendo cada dia mais sobre Geociências. O referido professor é o pilar sustentáculo do Programa e se destaca intensamente por seu dinamismo em prol da produção científica, seja à frente da Revista *Terræ Didática*, em suas produções individuais e coletivas, mas, sobretudo, por ser uma pessoa dotada de grande generosidade e oportunizar que todos ao seu redor possam brilhar. Tendo no ensino sua grande missão, é capaz, ainda, de levar o aprendizado extra muros da universidade, visando contribuir na construção de uma sociedade mais informada e conhecedora do meio em que habita, tanto por meio de pesquisas e trabalhos de extensão, como por intermédio dos inúmeros alunos – mestres e doutores – que capacitou e ainda capacita nos cursos de mestrado e doutorado ao longo das últimas décadas.

A “Apresentação” do livro mostra-nos o quadro geral de colaboradores, dentre os quais encontro pessoas que conheço e admiro. Pude contribuir com um capítulo em coautoria, que se traduz em um verdadeiro *Diálogos entre as Geociências e o Direito Ambiental para promover a educação ambiental*, ilustrando a importância da interdisciplinaridade na elaboração legal, bem como a imprescindibilidade da promoção da educação ambiental.

Além do conteúdo e importância dos temas de cada capítulo, destacam-se os autores, pois este Programa congrega professores de diversas áreas como geologia, geografia, arquitetura, engenharia, direito,

sociologia, biologia, dentre outros, e recebe alunos de inúmeras localidades do país e distintas formações acadêmicas (geografia, geologia, biologia, história, matemática, português, direito, economia, jornalismo, arquitetura, comunicação, engenharias etc.) que se complementam, favorecendo assim, a elaboração de dissertações e teses que unem e dialogam especificidades de cada área com as Ciências da Terra. Dessa maneira, o PPG ‘constrói pontes do saber’, sob diversas perspectivas e com olhares pouco explorados.

A integração do trabalho em sala de aula e o trabalho de campo permite que professores e alunos conheçam as características locais onde o ensino é ministrado, produzindo não só o conhecimento científico, mas favorecendo a cidadania ambiental, que conduz ao sentimento de pertencimento territorial de todos os envolvidos. Esta obra é um importante referencial, ao levar para o professor formas de consagrar ‘o direito da criança de aprender Ciências’, e ao propor ferramentas de ensino pouco ou nunca utilizadas em salas de aula, com recursos pedagógicos e tecnológicos que encantam e cativam a todos. Por tudo isso, agradeço e parablenizo o editor e os autores, convidando os leitores a ‘saborearem’ este trabalho primoroso que nos é apresentado.

Vamos à leitura!!

Campinas, março de 2024.

Prof.^a Dra. Luciana Cordeiro de Souza Fernandes
Professora Doutora de Direito Ambiental
Coordenadora do PEHCT/IG UNICAMP

Sementes de Geociências para fertilizar a educação sobre história da Terra, uma apresentação

Apresentamos, com grande satisfação, o segundo volume do livro eletrônico *Explorando a Terra na Educação Básica* publicado pelo Programa de Pós-Graduação de Ensino e História de Ciências da Terra (PPG-EHCT). Os capítulos deste volume da Série *Ciências da Terra na Educação Básica*, a exemplo do vol. 1, resultam de projetos de pesquisa desenvolvidos por docentes e alunos do EHCT do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, com participação de especialistas brasileiros e do exterior, vinculados a instituições educacionais e de pesquisa de várias universidades, nacionais e estrangeiras.

O e-book disponibiliza a professores e alunos de educação básica novas propostas para ensino de temas geocientíficos e diversas bases teórico-práticas. Colocam-se em evidência diversos tópicos de Ciências da Terra essenciais na formação de crianças, jovens e adultos, buscando estimular abordagens inovadoras que ampliem horizontes ou que revigorem o trabalho docente, mediante uso das Tecnologias Digitais (TD); a aquisição do letramento digital consiste em um conjunto de habilidades e competências para lidar de forma eficiente e eficaz com TD.

Cada contribuição descreve experiências práticas e/ou desenvolve pontos críticos da fundamentação teórica necessária para que todos possam enveredar pelo estudo da complexa, rica e variada geologia de um País cujo território tem dimensões continentais e cujas riquezas precisam ser identificadas, mensuradas e aproveitadas de forma inteligente e sustentável. Os temas abordados contribuem para iluminar conceitos e propostas relevantes para a sala de aula e para apoiar a formação inicial e continuada de professores dos diversos níveis de escolaridade. Algumas sugestões de categorias de público-alvo a que se destina cada capítulo constam do quadro abaixo. Marcas coloridas são indicadas nas páginas ímpares de cada capítulo, ao alto, para sugerir os níveis de escolaridade que o texto pretende atingir:

	Ensino Fundamental: Anos Iniciais
	Ensino Fundamental: Anos Finais
	Ensino Médio
	Ensino Superior
	Formação de Professores

O foco central da obra é a *Terra*, ou melhor, o tratamento sistemático da dinâmica terrestre na educação básica brasileira. Descrevem-se propostas, abordagens e sugestões de atividades que possam complementar programas e currículos de distintos níveis de ensino e promover a divulgação e popularização da ciência. Examinamos tópicos relevantes de Educação em Geociências, bem como as características das esferas materiais e dos sistemas que fazem parte dos ciclos terrestres e a própria evolução da vida no planeta. Trata-se de componentes necessários para construir, junto a crianças e jovens, uma visão mais consequente do papel da humanidade no planeta e, por conseguinte, erigir as bases de uma cidadania consciente e responsável, apoiada no conhecimento técnico-científico. A literatura especializada reúne abundantes exemplos sobre a relevância do aprendizado e da alfabetização em Geociências para mudar o panorama inconsequente e predatório sob o qual se desenvolvem muitas ações humanas na Terra.

Qualquer setor de atividade humana depende do suprimento de água, solos, metais e outros recursos extraídos da natureza. Todas as ações interferem, de algum modo, no meio ambiente. Os veículos de comunicação, as redes sociais e os agentes de mídia apontam diariamente questões que requerem a devida atenção das sociedades, do poder público e das empresas, para minimizar as consequências da ação humana. A lista é demasiadamente longa, uma vez que a relação da humanidade com as demais espécies – e com o planeta – é tudo, menos geo-lógica! Podemos citar: mudanças do clima, desmatamento, queimadas, destruição de habitats, extinção em massa de espécies, escorregamentos, enchentes, expansão urbana em regiões críticas, mineração predatória, garimpo ilegal, ocupação desordenada de encostas, ocupação demasiadamente próxima a zonas vulcânicas ativas ou sujeitas a terremotos e outros desastres naturais. Diante de uma verdadeira avalanche de informações desconexas, somente o professor bem formado e a escola verdadeiramente transformadora serão capazes de organizar, sistematizar, dar significado e, afinal, extrair *conhecimento* da informação (Valente, 2022). A mera veiculação de dados, por si mesma, é incapaz de oferecer um panorama da complexa teia de relações, de causa e efeito, entre a dinâmica dos processos naturais e as consequências negativas, que de modo algum podem ser

consideradas *inevitáveis*. Somente a ignorância perpetuará esse contexto, prejudicando as gerações futuras.

O Programa de Pós-Graduação de Ensino e História de Ciências da Terra (PEHCT) desenvolve proposta pioneira e singular no cenário nacional, constituindo um núcleo consolidado de pesquisa multi e interdisciplinar, que procura conectar campos básicos e aplicados do conhecimento das Geociências com as áreas da Educação e do Ensino, da Filosofia das Geociências, da História das Ciências Naturais e do Direito Ambiental. As pesquisas conectam a educação, o ensino, a história e a formação docente, desde a educação básica até o ensino superior, atraindo egressos de diversas áreas, em programas de mestrado e doutorado. As linhas de pesquisa estimulam as interconexões do saber: 1-HFC História e Filosofia das Ciências Naturais; 2-ECN Educação, formação docente, tecnologia educacional e comunicação em Ciências Naturais e 3-GGG Geoética, Geoconservação/Geopatrimônio, Cidadania e Legislação Ambiental. O apoio financeiro às pesquisas foi garantido sobretudo pela Coordenação de Aprimoramento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), mas também por outras agências, como CNPq e FAPESP, às quais o PEHCT entusiasticamente agradece.

A rica legislação brasileira oferece as bases para um aprimoramento efetivo da educação escolar, mas isso depende de uma aproximação entre a escola e o ambiente natural. A crescente conscientização sobre os impactos das atividades humanas nos ambientes terrestres expande as aplicações do conhecimento de Geociências no equacionamento de inúmeros problemas. Uma das aplicações situa-se precisamente no campo da Educação:

O ensino de Geociências nas escolas passa por um período de grandes avanços em termos de conteúdos, conceitos e métodos, acompanhando uma tendência geral na educação nacional (Kolya et al., 2023, p.1).

O leitor encontrará na Série *Ciências da Terra na Educação Básica* contribuições nos campos de: História das Ciências Naturais; Epistemologia; Filosofia das Geociências; Ensino-Aprendizagem; Produção de Material Didático; Inovação Educacional; Uso das Tecnologias Digitais; Educação Híbrida; Geoética; Patrimônio Geológico; Geoconservação; Geoturismo; Legislação e Direito Ambiental; Educação para o Desenvolvimento Sustentável e Educação Ambiental.

As categorias em que se dividem os capítulos são:

Categorias

1. Conceitos básicos
2. Estudo experimental ou Relato de caso
3. Reflexão teórica
4. Material didático
5. Análise da legislação

A Série *Ciências da Terra na Educação Básica*, inicialmente planejada em formato de três volumes, pode ser uma fonte de conhecimento e inspiração para quem pretende idealizar e propor novas atividades educacionais relacionadas à Terra, quer no ambiente escolar ou fora dele. Os capítulos da Parte 1 abordam conceitos básicos úteis para a Educação e o Ensino de Geociências, incluindo-se uma seleção de relatos de estudos experimentais e estudos de caso, teóricos e práticos, que podem inspirar eventual replicação em outros contextos. A Parte 2 é formada por trabalhos que oferecem ao professor um material didático aproveitável de forma direta ou adaptável a situações particulares. Os capítulos da Parte 3 deverão propiciar uma reflexão teórica mais aprofundada, quer na análise da legislação ambiental, quer sobre temas de Epistemologia, Filosofia da Ciência e Ensino-Aprendizagem.

Os autores consideram que o processo de elaboração foi bastante dinâmico e a colaboração proporcionou grande aprendizado coletivo. Esperamos que o trabalho possa motivar futuras ações de capacitação e que os recursos didáticos aqui inseridos sirvam como fonte de inspiração para professores e alunos se aventurarem no estudo da Terra.

Campinas, março de 2024

Celso Dal Ré Carneiro

Referências

- Kolya, A. A., Maia, D. C., & Perinotto, J. A. J. (2023). Plataforma de Educação para Geoconservação como estratégia para estimular a cidadania geoética em territórios de Geoparque. *Terræ Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-12, e023021. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8673664>.
- Valente, J. A. (2022). Curadoria e bricolagem: competências do letramento digital. Novo Hamburgo: *Revista Conhecimento Online*, 14(v.2) jul./dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.25112/rco.v2.2978>.

Geociências e Aprendizagem Social: reflexões e possibilidades para a educação no contexto socioambiental

Vânia Maria Nunes dos Santos

A compreensão de temas e questões socioambientais complexas pede o diálogo e a necessária integração entre conhecimentos oriundos das Ciências da Terra e das Ciências Sociais, para a análise de múltiplas conexões e implicações, em contraposição a visões fragmentadas, reducionistas e simplificadoras da realidade socioambiental. Propõe o entendimento do lugar-ambiente, suas características e problemas, como síntese de relações desiguais e desproporcionais entre os indivíduos e destes com a natureza, resultantes de modelos de desenvolvimento insustentáveis, predatórios e excludentes que (des)constroem o lugar-ambiente. Concebe as inter-relações do meio natural com o social e reforça a importância do engajamento de diversos saberes em uma perspectiva multi e interdisciplinar, bem como entre os diferentes atores sociais e seus interesses na (des)configuração dos lugares-ambientes.

Nessa perspectiva, a produção de conhecimentos considera o paradigma da ciência pós-normal, cujo termo, provocador para com a ciência clássica, questiona as limitações do olhar tradicional, compartimentalizado e limitado, frente à necessidade de compreender e responder efetivamente aos complexos problemas socioambientais contemporâneos (Giatti, 2015). Funtowicz & Ravetz (1993), no artigo *Science for the post-normal age*, propõem a adoção do termo pós-normal para caracterizar a ultrapassagem de uma era em que a norma para a prática científica eficaz podia ser a rotineira resolução de quebra-cabeças (Kuhn, 1962), ignorando-se as questões mais amplas de natureza metodológica, social e ética suscitadas pela atividade e por seus produtos. Dialogam nessa direção as reflexões propostas por Boaventura de Souza Santos (2010), sobre o “paradigma de um conhecimento prudente para uma vida decente”, considerando que: a) todo o conhecimento científico-natural é científico-social; b) todo conhecimento é local e total; c) todo conhecimento é autoconhecimento; d) todo conhecimento científico visa a se constituir em senso comum.

A ciência pós-normal não se configura como uma ruptura com o modo tradicional de se fazer ciência, mas sim com uma proposta de dialogar com suas limitações e com a sociedade e suas questões complexas e suas implicações éticas. Concebe, portanto, a perspectiva da dialogicidade como elemento fundamental à construção de conhecimentos e práticas interdisciplinares para a compreensão e a solução de problemas socioambientais. Valoriza a ampliação da comunidade de pares (Funtowicz & Ravetz, 1997) em contribuição à democratização do saber, bem como a consequente flexibilização do domínio acadêmico na produção de saberes hegemônicos. O sociólogo Ulrich Beck (2008) corrobora a direção, ao apontar que, face à complexidade dos problemas gerados pela crise ambiental, torna-se cada vez mais insustentável defender a ideia de monopólio da comunidade acadêmica na produção de conhecimentos científicos.

Dentre inúmeros exemplos de questões ou problemas socioambientais cotidianos cuja compreensão necessita do olhar da ciência pós-normal, pode-se citar o caso do rompimento da barragem de rejeitos de mineração de Brumadinho, em Minas Gerais, com suas múltiplas implicações, em diferentes níveis e escalas de abrangência. Outro exemplo similar diz respeito às frequentes e criminosas queimadas em diferentes biomas brasileiros, uma vez que a compreensão de suas causas, suas dimensões e seus desdobramentos, requer diferentes conhecimentos, pois engendram inúmeras e profundas iniquidades e consequências ao ambiente e à qualidade de vida. Ambos os exemplos, obviamente guardadas especificidades, motivações e contextos, revelam problemas sistêmicos e complexos. Tais problemas comprometem a geo-bio-sociodiversidade, com sérias implicações políticas, econômicas, culturais e de saúde pública, cujo entendimento e, sobretudo, enfrentamento, demanda o estabelecimento de conexões entre diferentes saberes e diálogos teórico-metodológicos para a construção de novos conhecimentos e busca de soluções na perspectiva enunciada.

O conceito de governança ambiental ganha importância significativa para pensar em formas inovadoras de participação da comunidade em questões que lhe dizem respeito. Implica promover o (re)conhecimento do ambiente em que se vive e negociar soluções colaborativas para os problemas enfrentados, incorporando, além da dimensão ambiental, os determinantes políticos, os diferentes atores e os vários interesses no debate sobre o ambiente. A governança é realizada por meio de participação, envolvimento e negociação de múltiplos atores. As plataformas de múltiplos atores são processos nos quais os grupos de interesse trabalham de forma coletiva para abordar um problema comum, cooperam para resolver pro-

blemas e desacordos relacionados com ele e desenvolvem ações conjuntas em relação aos problemas percebidos (Warner, 2007).

No processo de governança ambiental, inserem-se o conceito e a importância da aprendizagem social. Seus referenciais determinam as práticas socioambientais educativas de caráter colaborativo e contribuem na construção de uma nova cultura de diálogo, participação e corresponsabilização. Implica aprender com o outro e sobre o outro em suas relações no lugar-ambiente. A inserção da educação para a cidadania ambiental na perspectiva da aprendizagem social contribui para o desenvolvimento de posturas reflexivas e colaborativas, bem como para motivar e sensibilizar os cidadãos à responsabilidade socioambiental. Sugere o desenvolvimento de processos educacionais e pedagógicos capazes de promover o entendimento de questões ambientais complexas. Propõe uma mudança de paradigma na compreensão dos problemas socioambientais e na gestão de recursos naturais, tanto para promover o direito à participação dos diferentes atores sociais aí envolvidos, como para assegurar o exercício da cidadania qualificada em contribuição à construção de políticas públicas ambientalmente justas e adequadas. O desenvolvimento desse processo pede o acesso à informação e a socialização de conhecimentos.

Nesse cenário, destaca-se a importância da educação e, mais especificamente, da escola, como importante centro socializador/construtor/multiplicador de conhecimentos e atitudes na sociedade. A formação de cidadãos conscientes e integrados de maneira sustentável ao lugar-ambiente em que vivem implica uma nova forma de entender as relações com esse lugar-ambiente, seus problemas socioambientais e seus desafios, valendo-se de diferentes recursos didático-pedagógicos. Isso pede outro olhar sobre o processo de formação de professores (Santos, 2011), privilegiando o conhecimento e a reflexão sobre as relações sociedade-natureza em contribuição ao desenvolvimento de novos valores e práticas docentes, capazes de perceber as implicações dessas relações com o exercício da cidadania em busca de um ambiente ecologicamente equilibrado e socialmente justo. Pede, ainda, o desenvolvimento de práticas educativas inovadoras, fundamentadas no ensino em Geociências associado às práticas investigativas e colaborativas no lugar-ambiente.

Face ao exposto, o presente capítulo tem por objetivo contribuir com reflexões e possibilidades de diálogos entre conhecimentos advindos das Ciências da Terra e das Ciências Sociais no desenvolvimento de pressupostos teórico-metodológicos para a educação escolar, no, do e para o estudo do contexto socioambiental.

Aprendizagem Social e metodologias participativas para o (re) conhecimento do ambiente

O conceito de Aprendizagem Social dialoga com diversas correntes das Ciências Sociais e busca contribuir para a ampliação e ou construção de processos coletivos promotores de informação-reflexão-ação, voltados à resolução de problemas e enfrentamento de desafios socioambientais. Baseia-se no diálogo entre diferentes atores e evidencia a necessidade de interação e ação conjunta, resultando no aprimoramento ou na criação de instrumentos e meios para promover uma aprendizagem coletiva, visando à gestão democrática e adequada do ambiente e seus problemas. Promove o (re)pensar de conceitos e a construção de novos conhecimentos e valores capazes de contribuir para a transformação de práticas e desenvolvimento de novas competências sob uma perspectiva de avanço rumo à sustentabilidade (Arnstein, 2002, Harmonicop, 2005, Lemos & Agrawal., 2006, Wals, 2007, Beck, 2008, Jacobi, 2011, 2013). Registre-se que, sem participação, não há aprendizagem social.

No contexto socioambiental, os processos educativos e participativos orientados pela aprendizagem social precisam entender a diversidade de conhecimentos e de interesses sociais presentes, de forma a incorporar as questões e os problemas socioambientais vividos como base para o desenvolvimento de práticas socioeducativas coletivas, apoiadas na socialização de informações sobre o lugar/ambiente em estudo, nos diferentes conhecimentos disponíveis e no desenvolvimento de atividades didático-pedagógicas em rede colaborativa. Base para a aprendizagem da cidadania, a aprendizagem social implica aprender no e do ambiente, a partir da reflexão crítica sobre os problemas e desafios comuns a todos, e sobre os conhecimentos de que dispomos para resolvê-los; refletir sobre nós mesmos e sobre nossas relações com os outros, visando à negociação de interesses para o uso democrático e sustentável do ambiente. Implica, essencialmente, (re)conhecer o lugar-ambiente em que se vive e aprender na e da realidade local.

Como o lugar-ambiente está em processo contínuo e dinâmico de transformação, a realidade socioambiental local é, por vezes, percebida de modo aparente, apenas como se mostra à vista, resultando em uma falsa impressão de que se “conhece” o local. Por isso, quando professores, alunos, moradores, gestores públicos, entre outros atores locais, se envolvem em atividades investigativas e reflexivas no lugar-ambiente,

falamos em (re)conhecimento. O (re)conhecimento propicia a apreensão crítica do meio focalizado, o que contribui para a superação de posturas muitas vezes passivas frente aos problemas locais e favorece a conscientização, bem como o desenvolvimento de práticas cidadãs em busca de soluções e melhoria locais. Cabe aqui destacar que se entende por tomada de consciência o movimento dialético proposto por Paulo Freire (2003), que implica o desvelamento crítico da realidade, por meio da ação social transformadora. Portanto, é fundamental conhecer o lugar-ambiente, em seus múltiplos aspectos, tanto para o levantamento de diferentes tipos de informações e identificação de problemas locais, quanto para refletir sobre as questões locais, como exercícios de cidadania ambiental mediados pela escola. Nesse processo, as metodologias participativas assumem importante papel.

Ferramentas de aprendizagem social, as metodologias participativas contribuem para o desenvolvimento de atitudes investigativas, críticas e cidadãs, bem como promovem a construção de saberes ambientais locais. Os princípios e práticas desse processo estão em consonância com os pressupostos da pedagogia crítica do lugar (Bowers, 2008, Gruenewald, 2003). Na escola, propõe o desenvolvimento de um ensino voltado à formação de cidadãos conscientes, que compreendam a interdependência entre ambiente, conhecimento e cidadania. Para tal, dentre os recursos utilizados para o desenvolvimento desse processo investigativo, estão os mapas. Diversas práticas no Brasil e ao redor do mundo têm revelado a contribuição do uso de mapas para o levantamento de diferentes informações sobre o ambiente local (Marandola, 2006, Dagnino e Carpi Jr., 2006, Archer, 2012, Oliveira, 2016).

Dentre as experiências com o uso de mapas na educação, destaca-se aqui a prática com o mapeamento socioambiental participativo, recurso didático-pedagógico para o levantamento de diferentes informações sobre o lugar-ambiente, com o uso integrado de mapas de diferentes tipos e em diferentes escalas, fotografias aéreas e imagens de satélite, associadas a diversas práticas de campo (Santos, 2001, 2002, 2006, 2010a, 2010b, 2010c, 2011, 2013, 2017, 2018, Santos & Bacci, 2011). O mapeamento socioambiental, como metodologia participativa de aprendizagem social, propicia o contato direto com processos ambientais e problemas locais; promove a integração entre diferentes saberes e resgata a localidade presente no cotidiano dos moradores. Promove, ainda, a participação de diferentes atores sociais na sua elaboração, configurando-se em importante

contribuição para subsidiar o diagnóstico local, o planejamento participativo e a ação colaborativa frente à realidade socioambiental mapeada.

O uso integrado de diferentes práticas de campo com recursos de sensoriamento remoto (Santos, 2001, 2002, 2011) contribui para o estabelecimento de relações dialéticas entre o local e o global, ao favorecer o levantamento e a análise de problemas socioambientais, bem como ao subsidiar práticas de educação no contexto socioambiental. Possibilita a realização de estudos significativos sobre as relações sociedade-natureza, considerando sua dinâmica espacial e temporal, e fundamenta o desenvolvimento de reflexões crítico-colaborativas nesse contexto. Favorece ainda, com os recursos de sensoriamento remoto, a elaboração de novas percepções sobre o ambiente, a partir da compreensão das inter-relações entre a visão horizontal e pontual no campo (restrita ao local) e a visão vertical e abrangente (o local no seu contexto, em diferentes escalas e visto “de cima”). Consequentemente, promove a apreensão sistêmica do ambiente, ao mostrar que os problemas e desafios locais não se restringem e nem se explicam pontualmente, mas estabelecem diferentes relações e implicações, tanto em diferentes escalas de análise – local e global –, como em diferentes dinâmicas socioambientais – uso e ocupação. Ou seja, os problemas socioambientais, focalizados no lugar, implicam (e são implicados por) um ir e vir complexo e constante.

Com escolas, o mapeamento socioambiental participativo contribui para o entendimento do lugar como espaço construído/destruído por relações socioambientais cotidianas, orientadas por diferentes interesses, bem como promove o desenvolvimento de atividades didático-pedagógicas complementares ao (re)conhecimento do lugar/ambiente, tais como: entrevistas para o resgate da história e da cultura local; coletas de amostras de solos, rochas, águas; registros fotográficos; produção de textos; desenhos; maquetes e jogos didático-pedagógicos com informações locais. Associa-se à metodologia do mapeamento socioambiental, o denominado “mapa das percepções” (Santos & Jacobi, 2018). Essa modalidade de mapa vem sendo desenvolvida por esta autora, com diferentes públicos e em diferentes oportunidades, com resultados socioeducativos significativos. O mapa das percepções tem sido utilizado em diferentes atividades formativas, a exemplo: na formação continuada de professores da educação básica no município de Guarulhos, São Paulo, com escolas e comunidades, em apoio ao projeto do geoparque local; com alunos do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, do Instituto de Geociências da Unicamp; com alunos da graduação em

Gestão Ambiental da Universidade Estadual do Amazonas, no município de Manacapuru; com alunos do Programa de Pós-Graduação em Geociências, do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, e ainda, junto à formação continuada de professores da educação básica nos municípios de Novo Airão e Presidente Figueiredo, ambos no estado do Amazonas (Santos et al., 2023). A construção desse mapa objetiva expressar por meio de representações autorais os sentidos e as sensações percebidas no local – cheiros, sons, impressões diversas –, bem como os significados ou a importância para os participantes, do ponto de vista de “eu no lugar”. Dessa forma, o uso do mapa cabe para diferentes contextos e atores sociais, constituindo-se em etapa anterior e fundamental à realização do diagnóstico socioambiental local.

Junto ao mapeamento socioambiental, outras metodologias participativas utilizadas para o (re)conhecimento do contexto socioambiental, na perspectiva aqui apresentada, são o Jogo de Papéis (Castela, 2005, Ducrot et al., 2007) e o World Café (Brown, 2007, Frieze & Wheatley, 2011). O Jogo de Papéis promove uma dinâmica na qual os jogadores interpretam um personagem criado dentro de um determinado cenário ou contexto, simulando situações e debates reais, visando às aprendizagens em relação ao tema abordado. Já o World-Café tem por objetivo facilitar o diálogo entre pessoas de modo a fazer emergir uma sabedoria coletiva para o entendimento e a criação de propostas, visando às soluções de problemas complexos.

Pesquisas realizadas por esta autora (Santos, 2010, 2015, 2019)¹ vêm mostrando que o uso integrado dos referidos recursos e metodologias têm importantes contribuições em estudos socioambientais escolares, ao revelar diferentes percepções, problemas e desafios presentes no contexto socioambiental, bem como ao promover o protagonismo jovem. Indicam, portanto, que a aprendizagem social e suas dinâmicas colaborativas, quando associadas ao ensino em Geociências, podem ter significativa contribuição, notadamente em processos de educação para geoconservação e sustentabilidade, conforme indicado a seguir.

1 As referidas pesquisas foram desenvolvidas nos três pós-doutorados realizados, respectivamente intituladas: “Educação ambiental e a realidade socioambiental local: análise das contribuições para a formação de professores e exercício da cidadania”, desenvolvida na Faculdade de Educação da USP; “Metodologias participativas como práticas de aprendizagem social para geoconservação e sustentabilidade”, desenvolvida no Instituto de Energia e Ambiente da USP; e “Metodologias participativas como práticas colaborativas de aprendizagem social para o ensino em Geociências”, desenvolvida no Departamento de Geologia e Recursos Naturais do Instituto de Geociências da UNICAMP.

Geociências e Aprendizagem Social: possibilidades educativas no contexto socioambiental

A Educação em Geociências associada aos pressupostos da Aprendizagem Social pode contribuir para o desenvolvimento de estudos e projetos com diferentes temáticas e desdobramentos, tanto para a escola como para a comunidade do entorno. Estudos realizados na região metropolitana de São Paulo, no município de Guarulhos, por exemplo, demonstraram a contribuição da aprendizagem social e suas metodologias participativas em processos de educação para a geoconservação. O caso em questão se desenvolveu por meio do projeto de pesquisa e prática interinstitucional, intitulado, *Educação, Ambiente e Aprendizagem Social: práticas socioeducativas para a geoconservação e sustentabilidade*. O projeto buscou aplicar diferentes metodologias participativas e práticas de campo, visando a analisar as interfaces entre educação, sociedade e geoconservação, objetivando subsidiar reflexões acadêmicas e encaminhar sugestões para políticas públicas socioambientais. Com foco na formação docente, o caso envolveu diferentes grupos de interesse na questão, quais sejam os seguintes *stakeholders*: professores e alunos de escolas da educação básica do município; pesquisadores de diferentes universidades e instituições; gestores municipais de diversas secretarias públicas; agentes comunitários de saúde; escoteiros, liderança religiosa; associação de moradores; organização não governamental e empresa privada, no desenvolvimento de estudos e práticas socioeducativas no território em contribuição à implantação de um geoparque na região². No conceito da UNESCO, geoparques são áreas únicas e unificadas, onde os locais e as paisagens de significado internacional são gerenciados com o conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. No referido caso, o objetivo foi o de contribuir para o desenvolvimento do projeto Geoparque Ciclo do Ouro (Pérez-Aguilar et al., 2012).

2 A publicação com reflexões sobre a experiência (Santos & Jacobi, 2018) contou com os seguintes apoios, parcerias e trocas: CAPES; Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra do Instituto de Geociências da Unicamp; Grupo de Estudos de Governança Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da USP; Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo do Instituto de Geociências da USP; Universidade de Guarulhos; Instituto Geológico do Estado de São Paulo; Prefeitura Municipal de Guarulhos; Diretoria de Ensino de Guarulhos; Universidade Federal do Rio de Janeiro (Departamento de Geologia/Casa da Ciência/Instituto de Física); Comitê Nacional para o Programa Internacional de Geociências (IGCP/Portugal); Comissão Nacional da UNESCO; Fórum Português de Geoparques Mundiais da UNESCO; Cátedra UNESCO de Geoparques, Desenvolvimento Regional Sustentado e Estilos de Vida Saudáveis – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real – Portugal.

Sob a ótica da ciência pós-normal, a formação dos professores deve promover o diálogo e a conexão entre diferentes áreas de conhecimentos e saberes. Para tal, sugere-se, com base na experiência desenvolvida, a abordagem dos seguintes módulos temáticos: educação escolar com foco na prática docente e na função social da escola; conhecimentos geocientíficos orientados para o entendimento do ambiente local; práticas de aprendizagem social voltadas à compreensão das relações sociais no território e no desenvolvimento de propostas e ações colaborativas e corresponsáveis ao ambiente em estudo. Os pressupostos teórico-metodológicos orientadores das atividades formativas devem considerar a concepção dialética de ciência, com o desenvolvimento de diferentes atividades didático-pedagógicas promotoras de processos reflexivos espiralados na (re)construção de novos conhecimentos escolares. Na perspectiva aqui proposta, o processo escolar visa a contribuir para a formação de alunos-cidadãos conscientes, capazes de:

- Observar e (re)conhecer o ambiente em que vivem.
- Refletir sobre esse ambiente, suas características e suas condições reais.
- Elaborar e propor intervenções socioeducativas frente aos problemas e desafios identificados, em contribuição ao desenvolvimento de soluções colaborativas, enquanto exercício de cidadania.

O processo pede o desenvolvimento de iniciativas pedagógicas transformadoras, focadas: 1) no ambiente em estudo; 2) no trabalho de campo com a análise das características geoambientais e socioculturais locais, no uso de diferentes tipos de mapas, nas entrevistas, entre outros recursos mediadores na construção do conhecimento sobre esse ambiente; 3) na construção da consciência crítica frente ao ambiente, o que implica considerar o ambiente dos alunos-moradores, o lugar e a sua realidade imediata, e a compreensão que esses atores sociais têm dela, como o ponto de partida das atividades. Apoiados na observação direta da realidade e no diálogo com seus pares e professores, os alunos-moradores fazem uma releitura crítico construtiva dessa realidade; identificam seus problemas, conflitos e desafios; estabelecem relações entre as diferentes informações levantadas em campo e elaboram propostas e projetos educativos de intervenção local por meio do desenvolvimento de Núcleos de Cidadania Escolares (Santos, 2011), organizados nas escolas, com a participação de professores, alunos e comunidade. No caso em questão, os projetos escolares visaram a contribuir para a

conservação de patrimônios geoambientais e socioculturais na região do futuro geoparque. Por fim, a mudança na percepção inicial dos alunos-moradores sobre o ambiente em estudo, resultante da construção dialogada de saberes e diferentes práticas, constitui o ponto de chegada do processo de ensino e aprendizagem.

As atividades formativas mediadas pela escola na comunidade favorecem na construção da ideia de patrimônio e de valor pelos moradores locais. Por vezes, os patrimônios são previamente inventariados e tecnicamente definidos como tal e, posteriormente, são “apresentados” à comunidade. Em uma ótica participativa, a atividade com o mapa das percepções, por exemplo, busca flexibilizar essa lógica, atribuindo ao morador local a possibilidade de perceber ou de (re)conhecer o que ele entende por patrimônio em sua região. O conceito de patrimônio é construído a partir do local, tanto de forma individual, quando cada participante elabora o seu mapa de forma espontânea, como de forma coletiva, quando todos refletem e dialogam sobre seus mapas, revelando diferentes percepções da comunidade sobre esse mesmo local. Nessa perspectiva, a metodologia do mapeamento socioambiental, com seus diferentes recursos e possibilidades, configura processo e produto de aprendizagem social no, do e para o contexto socioambiental. Da mesma forma, contribui efetivamente por meio do envolvimento conjunto de todos os participantes, acadêmicos ou não, para construção de conhecimentos na perspectiva da ciência cidadã (Santos et al., 2019).

Reflexões sobre as experiências formativas realizadas na perspectiva apresentada evidenciam a importância das pesquisas de natureza interventiva (Teixeira, 2017), tanto para a (re)elaboração de conhecimentos geocientíficos como para o desenvolvimento de práticas colaborativas em diferentes contextos e com diferentes atores envolvidos no ambiente de estudo. Destaca-se aí a significativa contribuição dessas pesquisas em processos formativos de professores em exercício em parceria com a universidade, por meio do fomento à pesquisa-ensino (Penteado & Garrido, 2010), como modalidade específica de pesquisa-ação (Barbier, 2002, Thiollent, 2011). Os pressupostos teórico-metodológicos aqui apresentados vêm inspirando o desenvolvimento de diferentes propostas de pesquisas, com contribuições e encaminhamentos promissores em suas áreas de interesse (Soares, 2016, Soares & Santos, 2017, Silva, 2018, Lisboa, 2019, Lisboa & Santos, 2020, Lisboa, 2021, Soares, 2021, Cursino, 2021, Lima, 2021, Carmo, 2022).

A educação em Geociências associada às metodologias de Aprendizagem Social amplia o olhar geocientífico no contexto socioambiental ao incorporar práticas dialogadas e cidadãs no estudo do ambiente e seus problemas. Contribui para superar paradigmas reducionistas e equivocados que desconsideram a complexidade dos territórios e, portanto, dos (des)interesses socioeconômicos e políticos que impactam a diversidade natural.

Nessa perspectiva, a educação para geoconservação pode contribuir tanto para o (re)conhecimento e a proteção de patrimônios geoambientais pela escola e pela comunidade, a exemplo da adoção de geossítios em seus territórios, quanto para compreender as ameaças, as necessidades e os desafios existentes nesse território, evidenciando a importância de projetos e dinâmicas esclarecedoras e colaborativas para valorização e conservação do patrimônio a partir das escolas.

Essa abordagem de educação caminha na direção das novas tendências educacionais para a sustentabilidade e, portanto, busca posicionar-se frente às questões socioambientais com o desenvolvimento de competências e parcerias para a construção de projetos de intervenção colaborativos. Além disso, orienta-se por um paradigma que destaca a complexidade e a interdisciplinaridade como elementos constitutivos de um novo modo de pensar as relações sociedade-natureza e seus problemas, bem como valoriza a contextualização e o significado da aprendizagem. E, ainda, enfatiza a contribuição fundamental da prática educativa em processos promotores de conhecimentos geocientíficos na comunidade; de conservação responsável de patrimônios geoambientais e recursos naturais; de gestão participativa e colaborativa e de governança ambiental. À medida que a comunidade (re)conhece o seu lugar-ambiente e seus patrimônios, mais ela poderá valorizá-los e conservá-los (Azman, 2010). No caso da geoconservação, o envolvimento da comunidade em ações antes restritas aos especialistas – inventário, avaliação, conservação, valorização e acompanhamento dos procedimentos – já vem sendo considerado ao redor do mundo, a exemplo de estudos em Angola (Tavares, 2015). A inserção da comunidade é um elemento-chave para a cogestão de estratégias de conservação natural e de apoio à proteção do patrimônio local e empoderamento. Constitui a base para o desenvolvimento de processos participativos para a governança ambiental (Santos & Bacci, 2019).

A Figura 1 visa a representar a complexidade que envolve o diálogo entre diferentes *stakeholders*, conhecimentos, saberes e práticas educativas colaborativas no contexto socioambiental, na perspectiva aqui apresentada.

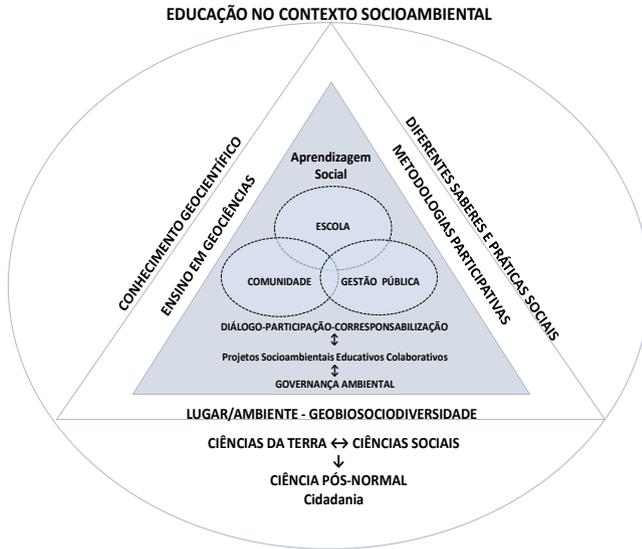


Figura 1. Diagrama das relações entre os pressupostos teórico-metodológicos propostos e os diferentes *stakeholders* em processos de educação no contexto socioambiental

Nessa perspectiva, a educação em Geociências contribui para compreender o lugar-ambiente, bem como para problematizá-lo. Mostra que problemas socioambientais, a exemplo das ameaças à geobiodiversidade e a seus importantes serviços ecossistêmicos, não se explicam isoladamente, bem como não se restringem a responsabilidades individuais. Mas que, para entendê-los, e, sobretudo, buscar soluções para tais problemas, é necessário identificar todos os atores envolvidos em seus processos no território; estabelecer diferentes conexões e articulações para o entendimento de diferentes interesses e usos; sensibilizar e envolver os *stakeholders* identificados na construção de parcerias, projetos e propostas compartilhadas e corresponsáveis, em contribuição à construção de alternativas sustentáveis.

Considerações Finais

Em linhas gerais, as experiências e as análises realizadas pela autora indicam que a abordagem apresentada neste Capítulo oferece contribuições em diferentes direções, a saber:

- Para o diálogo entre conhecimentos oriundos das Ciências da Terra e das Ciências Sociais em processos educativos reveladores da complexidade socioambiental na perspectiva da Ciência Pós-Normal.
- Para formação de professores com a inclusão de novos temas e metodologias inovadoras para o ensino em Geociências. Promove a multi e interdisciplinaridade no estudo das relações sociedade-natureza e revela a importância do exercício da cidadania nesse processo.
- Para o desenvolvimento de pesquisas-ensino como modalidade específica de pesquisa-ação na formação de professores críticos e reflexivos, entre outras pesquisas, considerando os pressupostos aqui propostos.
- Para implantação e gestão de projetos voltados à conservação de patrimônios geoambientais, a exemplo de geoparques, com práticas participativas e colaborativas, até mesmo para a geração de emprego e renda na comunidade com a valorização sustentável do ambiente.
- Para gestores públicos na promoção do diálogo democrático com diferentes *stakeholders*, contribuindo para administrar, resolver conflitos e buscar soluções conjuntas, ambientalmente adequadas e socialmente justas.
- Para subsidiar processos de governança ambiental no território, considerando o desenvolvimento de metodologias participativas como práticas de cidadania para a sustentabilidade.

Em síntese, o cenário abre um estimulante espaço para o desenvolvimento de experiências educativas inovadoras e sugere o desenvolvimento de práticas didático-pedagógicas promotoras de capilaridades sociais capazes de envolver diferentes atores e interesses em projetos educativos colaborativos ao ambiente, na conservação do patrimônio natural e na preservação de serviços ambientais. Fornece um rumo para a construção de diálogos horizontalizados de aprendizagem e de exercício da cidadania, por meio da escola e, nesse sentido, contribui para a construção de uma Pedagogia da Aprendizagem Social, alicerçada em saberes de diferentes áreas de conhecimento.

Promove aprendizagens no, do e para o ambiente, referenciadas na escola e no ensino em Geociências. É tecida na prática conflitante dos *stakeholders* no ambiente e em seus processos, sendo orientada pelos princípios de diálogo, participação e corresponsabilização. Considera: (a) a compreensão individual e coletiva de questões ambientais e suas implicações; (b) a reflexão sobre elas com a análise de cenários e possibilidades; (c) a transformação de práticas e realidades com o desenvolvimento de propostas e projetos para a busca de soluções negociadas para o ambiente.

Em resumo, trata-se de uma pedagogia ancorada nos pressupostos da ciência pós-normal, com um novo paradigma teórico-prático para a construção de uma sintonia fina entre ciência, ambiente e cidadania nos caminhos da educação no contexto socioambiental, considerando a importância fundamental da escola nesse processo.

Agradecimentos

A autora agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam), pela bolsa concedida, bem como ao editor, Celso Dal Ré Carneiro, pelas contribuições críticas durante a elaboração do manuscrito.

Referências

- Anjos, A. C. C. (2016). *Diálogos entre patrimônio, meio ambiente e aprendizagem social: uma experiência de educação patrimonial em pesquisa-ação no bairro paulistano de Santo Amaro*. São Paulo: Universidade de São Paulo. (Tese Dout.).
- Archer, D., Luansang, C., & Boonmahathanakorn, S. (2012). Facilitating community mapping and planning for citywide upgrade: the role of community architects. *Environment and Urbanization*, 24(1), 115-129. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0956247812437132>. Acesso 30.08.2023.
- Arnstein, S. R. (2002). Uma escada da participação cidadã. Porto Alegre/Santa Cruz do Sul: *Participe, Revista da Associação Brasileira para o Fortalecimento da Participação*, 2(2), 4-13.
- Azman, N., Halim, S. A., Liu, O. P., Saidin, S., & Komoo, I. (2010). Public education in heritage conservation for Geopark community. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 7, 504-511.
- Bacci, D. L., & Santos, V. M. N. dos (2013). Mapeamento socioambiental como contribuição metodológica à formação de professores e Aprendizagem social. São Paulo: IGc/USP, *Geologia USP, Publ. Esp.*, 6. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v6i0p19-28>.
- Barbier, R. (2002). *A pesquisa-ação*. Brasília: Ed. Plano.

- Beck, U. (2008). (2008). *La Sociedad del Riesgo Mundial: em busca de la seguridad*. Barcelona: Paidós. Estado y Sociedad, 155p.
- Bowers, C. A. (2008). Way a critical pedagogy of place is an oxymoron. *Environmental Education Research*, 14(3), 325-335.
- Brown, J., & Isaacs, D. (2007). *Comunidade do World Café: o world café dando forma ao nosso futuro por meio de conversações significativas e estratégicas*. São Paulo: Cultrix.
- Carmo, M. R. (2022). *Geoconservação e Aprendizagem social: contribuições ao ensino em Geociências e à proteção do patrimônio geoambiental em Presidente Figueiredo, AM*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Unicamp. (Tese Dout. em desenv.).
- Castella, J. C., Trasnngoc, T., & Boissau, S. (2005). Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: the combined use of an agent-base model, a role-playing game, and a geographic information system. *Ecology and Society*, 10(1), 1-27. URL: <https://www.jstor.org/stable/26267718>. Acesso 30.08.2023.
- Cursino, A. M. S. (2021). *O saber construído e a construção de novos saberes: contribuição da aprendizagem social para a percepção de gestores ambientais no contexto da sustentabilidade amazônica*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Unicamp. (Tese Dout. em desenv.).
- Dagnino, R. S., & Carpi Jr., S. (2006). *Mapeamento participativo de riscos ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Anhumas, Campinas, SP*. In: Anais do III Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. (Conferência).
- Ducrot, R., Carvalho, Y. M. C., Jacobi, P. R., & Clavel, L. (2007). Building capacities to tackle the infrastructural and environmental crisis. In São Paulo: Role-playing games for participatory modelling. In: Butterworth John, Ducrot Raphaële, Faysse Nicolas, & Janakarajan, S. (Eds.). (2007). *Peri-urban water conflicts: supporting dialogue and negotiation*. Delft: IRC International Water and Sanitation Centre. pp. 77-112. (Technical Paper Series, 50) ISBN 978-90-6687-058-1.
- Freire, P. (2003). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 28 ed. São Paulo: Paz e Terra. 148p.
- Frieze, D., & Wheatley, M. (2011). *Walk out walk on: a learning journey into communities daring to live the future now*. São Francisco: Berkana publication, Barret-Koehler Publishers Inc.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. R. (1993). Science for the Post-normal age. London: *Futures*, 25(7), 739-755.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. R. (1997). Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, IV(2): 219-230. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59701997000200002>.
- Giatti, L. L. (2015). *O paradigma da ciência pós-normal: participação social na produção de saberes e na governança socioambiental e da saúde*. São Paulo: Annablume.
- Gruenewald, D.A. (2003). The best of both worlds: a critical pedagogy of place. *Educational Researcher*, 32(4), 3-12. DOI: <https://doi.org/10.3102/0013189X0320040>.

- HarmoniCOP. (2005). *Sustainability learning for river basin management and planning*. In: Europe. K. U. Leuven - Centre for Organizational and Personnel Psychology.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Universidade de Chicago.
- Jacobi, P. R. (2010). Aprendizagem social, desenvolvimento de plataformas de múltiplos autores e governanças da água no Brasil. *Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis*, 7(1), 69-75. URL: <https://doaj.org/article/d62f6d155e6a4ec89313c3bb544d24ef>. Acesso 30.08.2023.
- Jacobi, P. R. (2011). *Aprendizagem Social. Diálogos e ferramentas participativas: aprender juntos para cuidar da água*. São Paulo: IEE USP. 44 p.
- Jacobi, P. R. (2013). Aprendizagem Social e formação de professores em educação para a sustentabilidade socioambiental. São Paulo: Inst. Geociências, Universidade de São Paulo. *Geologia USP, Publ. Esp.*, 6, 5-10. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v6i0p5-10>.
- Lemos, M. C., & Agrawal, A. (2006). Environmental Governance. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 297-325.
- Lima, W. S. (2021). *Formação de professores no território do Geoparque Araripe-CE: mapeamento socioambiental participativo para geoconservação*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Unicamp. (Dissert. Mestrado, em desenv.).
- Lisboa, N. S. (2018). *Distopia e ensino de Geociências: contribuições da literatura distópica na análise crítica da relação sociedade-natureza*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Unicamp. (Dissert. Mestrado, em desenv.).
- Lisboa, N. S., & Santos, V. M. N. dos (2020). Geociências e cenários futuros: uma proposta para o ensino de Geografia no estudo da realidade socioambiental. *Terrae Didática*, 16, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8659092>.
- Lisboa, N. S. (2021). *As perspectivas futuras como instrumental analítico para a educação ambiental: uma proposta metodológica*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Unicamp. (Tese Dout., em desenv.).
- Marandola, E., Mello, L. F., Lombardi, T. T. N., Rodrigues, M., Dagnino, R. S., Fernandes, P. S. M., Hirano, F. Y., ... & Paula, F. C. de. (2006). *Mapa Verde da Unicamp: percepção e representação do espaço*. In: I Encontro de Percepção e Paisagem da Cidade. Bauru, SP.
- Oliveira, A. M. S. (2016). *Educação ambiental transformadora: o método VERAH*. São Paulo: Ícone.
- Penteadó, H. D., & Garrido, E. (Orgs). (2010). *Pesquisa-ensino: a comunicação escolar na formação do professor*. São Paulo: Ed. Paulinas. (Col. Educação em Foco).
- Pérez-aguilár, A., Barros, E. J., Andrade, M. R. M., Oliveira, E. S., Juliani, C., & Oliveira, M. A. S. (2012). Geoparque Ciclo do Ouro, Guarulhos, SP. In: Schobbenhaus, C., & Silva, C. R. da. (Eds.) (2012). *Geoparques do Brasil. Propostas*. Brasília, DF: Serviço Geológico do Brasil (CPRM). p. 543-582. URL: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/1209>. Acesso 30.08.2023.
- Santos, B. S. (2010). *Um discurso sobre as ciências*. 16 ed. Porto: B. Sousa Santos e Edições Afrontamento. 59p.
- Santos, V. M. N. dos (2001). *O uso escolar do sensoriamento remoto como recurso*

- didático-pedagógico no estudo do meio ambiente*. In: IV Curso sobre o uso de tecnologias espaciais no estudo do meio ambiente. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (INPE8349-PUD/51). URL: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/archive.cgi/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.24>. Acesso 30.08.2023.
- Santos, V. M. N. dos (2002). *Escola, cidadania e novas tecnologias: o sensoriamento remoto no ensino*. São Paulo: Ed. Paulinas. (Col. Comunicar).
- Santos, V. M. N. dos (2006). *Formação de professores para o estudo do ambiente: projetos escolares e a realidade socioambiental local*. Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. (Tese Dout.).
- Santos, V. M. N., & Compiani, M. (2015). Formação de professores para o estudo do ambiente: projetos escolares e a realidade socioambiental local. *Terræ Didactica*, 5(1), 72-85. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v5i1.8637506>.
- Santos, V. M. N. dos (2010a). *Educação ambiental escolar e a realidade socioambiental local: análise das contribuições para a formação de professores e exercício da cidadania*. São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. (Rel. Pós-Doutorado).
- Santos, V. M. N., (2010b). Formação de professores para o estudo do ambiente: realidade socioambiental local e cidadania. Tristão, M., Jacobi, P. R. (Orgs). (2010). *Educação ambiental e os movimentos de um campo de pesquisa*. São Paulo: Annablume Ed.
- Santos, V. M. N. dos (2010c). Projetos escolares com imagens de satélite: ferramentas de pesquisa-ensino para o estudo do ambiente. In: Pentead, H. D., & Garrido, E. (Orgs.). (2010). *Pesquisa-ensino: a comunicação escolar na formação do professor*. São Paulo: Ed. Paulinas. (Col. Educação em Foco).
- Santos, V. M. N. dos (2011). *Educar no ambiente: construção do olhar geocientífico e cidadania*. São Paulo: Editora Annablume. (Col. Cidadania e Meio Ambiente).
- Santos, V. M. N. dos, Bacci, D. L. C. (2011). Mapeamento socioambiental para a aprendizagem social. In: Jacobi, P. R. (2011). *Aprendizagem Social. Diálogos e ferramentas participativas: aprender juntos para cuidar da água*. São Paulo: IEE-USP. 44p. URL: <https://repositorio.usp.br/item/002211557>. Acesso 31.08.2023.
- Santos, V. M. N. dos (2013). Ensino em Geociências no estudo do ambiente: contribuições à formação de professores e cidadania. São Paulo: Inst. Geociências, Universidade de São Paulo: *Geologia USP, Publ. Esp.*, 6, 11-18. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v6i0p11-18>.
- Santos, V. M. N. dos (2015). *Metodologias participativas como práticas de aprendizagem social para sustentabilidade e geoconservação*. São Paulo: Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo. (Rel. Pós-Doutorado).
- Santos, V. M. N. dos, & Jacobi, P. R. (2017). Educação, ambiente e aprendizagem social: metodologias participativas para geoconservação e sustentabilidade. Brasília: *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 98(249), 522-539.
- Santos, V. M. N. dos, & Bacci, D. L. C. (2017). Proposta para governança ambiental ante os dilemas socioambientais urbanos. *Estudos Avançados*, 31(89). DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890017>.
- Santos, V. M. N. dos, Jacobi, P. R. (2018). *Educação, ambiente e aprendizagem social: reflexões e possibilidades à geoconservação e sustentabilidade*. Curitiba: CRV. (Série

- Ensino e História de Ciências da Terra v. 4).
- Santos, V. M. N. dos (2019). *Metodologias participativas como práticas colaborativas de aprendizagem social para o ensino em Geociências*. Campinas: Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociência, Universidade Estadual de Campinas. (Rel. Pós-Doutorado).
- Santos, V. M. N. dos, Bacci, D. L. C. (2019). Educação e aprendizagem social para Geoconservação: proteção de serviços ecossistêmicos e governança ambiental na Macrometrópole Paulista. *Terra Didática*, 15, 1-8, e19047. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v15i0.8657587>.
- Santos, V. M. N., Bacci, D. L. C., Soares, D. B., & Jacobi, P. R. (2019). Educação para geoconservação na perspectiva da Ciência Pós-normal: o caso de Guarulhos-SP. In: Jacobi, P. R, Toledo, R. F., & Giatti, L. L. (Orgs.). *Ciência Pós-normal: ampliando o diálogo com a sociedade diante das crises ambientais contemporâneas*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP. DOI: <https://doi.org/10.11606/9788588848375>.
- Santos, V. M. N., Lima, R. H. C., Carmo, M. R., & Santos, C. R. S. (2023). Educação e aprendizagem social para geoconservação: reflexões e possibilidades na Amazônia. Humaitá: *Revista EDUCAMazônia. Educação Sociedade e Meio Ambiente*, XVI(1), 160-171.
- Silva, L. I. (2018). *Geotecnologias e mapeamento socioambiental no ensino de Geociências: experiências com formação continuada e inicial de professores*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra. Instituto de Geociências. (Dissert. Mestrado). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.1061073>.
- Soares, D. B. (2016). *Formação continuada de professores em geociências com metodologias participativas: contribuições à educação para geoconservação*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. (Dissert. Mestrado). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2016.979105>.
- Soares, D. B., & Santos, V. M. N. (2017). Educação, Ambiente e Aprendizagem Social na Formação de Professores para Geoconservação. *Terra*, 14(1-2), 41-53. URL: https://www.ige.unicamp.br/terrae/V14/T_V14_5.html.
- Soares, D. B. (2021). *Educação para as Mudanças Climáticas no contexto da Ciência Pós-normal: contribuições ao Ensino em Geociências e à Aprendizagem Social*. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. (Tese Dout., em desenv.).
- Tavares, A. O., Henriques, M. H., Domingos, A., & Bala, A. (2015). Community Involvement in Geoconservation: a conceptual approach based on the Geoheritage of South Angola. *Sustainability*, 7, 4893-4918. DOI: <https://doi.org/10.3390/su7054893>.
- Teixeira, P. M. M., & Megid Neto, J. (2017). Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. *Ciênc. Educ., Bauri*, 23(4), 1055-1076. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170040013>.
- Thiollent, M. J. (2011). *Metodologia da pesquisa-ação*. 18 ed. São Paulo: Cortez.
- Warner, J. (2007). *Multi-Stakeholder platforms for integrated water management*. Aldershot, UK. [ISBN 9780754670650].
- Wals, A. (2007). *Social learning: towards a sustainable world*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publ. DOI: <https://doi.org/103920/978-90-8686-594-9>.

A contribuição de Dewey, Vygotsky e Morin para o ensino de mudanças climáticas

Daniela Resende de Faria
Priscila Pereira Coltri

As mudanças climáticas assumiram protagonismo central no debate internacional, diante de problemas críticos advindos de suas consequências. Dentre elas, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), destacam-se o aumento das temperaturas médias e das secas, o que estaria associado à queda da biodiversidade e a dificuldades nos cultivos agrícolas, por exemplo. Além disso, o Sexto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) apresenta a situação atual do clima, observando-se que, só no caso do aumento da temperatura como efeito antropogênico, a média ficou em torno de 1,5°C nos últimos três séculos. Segundo o mesmo relatório,

As evidências das mudanças observadas em eventos extremos como ondas de calor, precipitação intensa, secas, e ciclones tropicais, e, principalmente, sua atribuição à influência humana, ficaram mais fortes (...) (IPCC, 2021, p.11).

Esse cenário inspira cuidados, sobretudo quando se pensa nas populações mais vulneráveis que são aquelas com baixa capacidade adaptativa e que estão mais suscetíveis aos efeitos negativos das mudanças do clima (IPCC, 2021). A educação pode exercer um importante e singular papel para a compreensão dos problemas e, conseqüentemente, contribuir na busca por soluções que envolvam processos de mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas lançou a Agenda 2030, da qual todos os estados-membros da ONU são signatários. As metas que todos se comprometem a cumprir compreendem 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que buscam desencadear ações em busca de um futuro sustentável. Dentre os ODS e suas 169 metas, destaca-se o ODS 13 – Ação contra a mudança do clima – cujo objetivo é “Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”.

Nesse ODS, destaca-se a meta 13.3: “Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima.”.

A emergência climática também é uma preocupação latente da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Ciência e Cultura), que disponibiliza uma ampla gama de materiais com orientações para escolas e docentes no que se refere ao ensino de mudanças climáticas. Tais materiais cobrem importantes discussões relacionadas à sustentabilidade e ao meio ambiente, enfatizando a importância da educação e seu papel na construção de um engajamento que conduza a ações mitigadoras e de resiliência no que tange às mudanças do clima. No entanto, ainda existem muitos desafios no campo do Ensino em Mudanças Climáticas (Zezzo & Coltri, 2022). Mesmo dentro dessa problemática, a educação é uma oportunidade para a mudança da sociedade. É por meio da educação que será possível preparar as futuras gerações para ações de mitigação e adaptação relacionadas aos efeitos das mudanças climáticas (Colliver, 2017).

Este estudo tem como objetivo analisar as contribuições das teorias pedagógicas de John Dewey [1859-1952], L.S. Vygotsky [1856-1934] e Edgar Morin [1921-] por meio de uma revisão integrativa das seguintes obras: *Como pensamos e Experiência e Educação*, de Dewey; *Pensamento e Linguagem e Formação social da mente*, de Vygotsky; *Introdução ao pensamento complexo e Sete saberes necessários à educação do futuro*, de Morin. Pretendeu-se, com a revisão, entender como esses pensadores discutem a construção do pensamento crítico-reflexivo na compreensão e análise de problemas reais, cuja natureza é complexa, os chamados *wicked problems* (Burke, 2015). Mediante os debates propostos por tais autores, discute-se, com base em referências bibliográficas atuais, os desafios do ensino de mudanças climáticas.

A partir da revisão integrada dessas obras, associada à análise do estado da arte do ensino de mudanças climáticas no Brasil e em alguns países, foi possível compreender a necessidade de se buscar processos de ensino e aprendizagem capazes de trazer a realidade para a sala de aula, o que pode promover maior engajamento dos estudantes por meio da experiência, viabilizando uma aprendizagem com significado. Dessa forma, os estudantes, futuros tomadores de decisão, estariam aptos a refletir criticamente e assim, mobilizar os conhecimentos em busca de ações de mitigação e prevenção dos efeitos das mudanças climáticas em seu contexto, de forma mais assertiva (Barbosa & Carneiro, 2023).

Os desafios no ensino de mudanças climáticas em diferentes partes do mundo: uma contextualização

Estudos recentes apontam as dificuldades e desafios enfrentados pelos professores para promover a educação em mudanças climáticas, com destaque para os processos de ensino e aprendizagem, sobretudo em função da natureza interdisciplinar e complexa do tema (Oversby, 2015, Colliver, 2017, Chang & Pascua, 2017, Hermans & Korhonen, 2017, Tolppanen & Aksela, 2018, Irwin, 2020).

Oversby (2015) apresenta questões latentes, como: (i) não há contextualização do ensino de mudanças climáticas à realidade dos estudantes, já que as propostas de ensino e aprendizagem do tema se concentram em uma única componente curricular e/ou área de conhecimento; (ii) há dificuldades com o engajamento dos estudantes, uma vez que, as abordagens didático-pedagógicas, as ferramentas e os recursos utilizados não possibilitam a construção de uma experiência de aprendizagem com significado, (iii) há lacunas no processo de desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo acerca de sua própria realidade e da complexidade que envolve tais conceitos.

Tolppanen & Aksela (2018) ainda acrescentam que uma parte dos docentes não está preparada para implementar abordagens interdisciplinares ao realizarem seus planejamentos de ensino e aprendizagem. Para lecionar em caráter interdisciplinar é necessário considerar não somente os conceitos que se intenta construir, mas também as habilidades e competências associadas ao contexto real dos estudantes relacionadas aos seus conhecimentos prévios que são, via de regra, desconsiderados (Fazenda, 2012). Colliver (2017) destaca a demanda docente por novas abordagens de ensino e aprendizagem que sejam capazes de trazer experiências do mundo real, do contexto dos estudantes, para a sala de aula, especialmente em relação às mudanças do clima. Em sua análise sobre o currículo australiano, a autora evidenciou a necessidade real na/da busca por abordagens de ensino e aprendizagem que sejam mais integradoras e holísticas, já que o tema da mudança do clima é fluido, complexo e de natureza interdisciplinar, em todos os níveis da educação.

Ao mapear as principais dificuldades enfrentadas pelos docentes, Colliver (2017) ainda pontua que, apesar de os dados sobre mudanças climáticas serem amplamente acessíveis, o entendimento e a compreensão deles ainda não o são, principalmente porque docentes enfrentam múltiplos desafios, sobretudo aqueles relacionados ao planejamento

didático-pedagógico e às diretrizes curriculares. Por fim, a autora discute que, no currículo australiano, a maior parte do ensino de mudanças climáticas se concentra na área de Humanidades, com ênfase em Geografia e Ciências, observando o fato intrigante de, em tal documento, apesar de as mudanças climáticas ligadas a ações antrópicas ser algo explicitamente citado como essencial dentre o rol de aprendizagens, não há muitas oportunidades para sua implementação no dia a dia. É necessário buscar propostas para o ensino de mudanças climáticas que sejam capazes de promover, nos estudantes, a compreensão e a análise de conceitos de natureza complexa por meio do pensamento crítico-reflexivo, relacionando diversas fontes de conhecimento para comunicar-se, elaborando argumentos que se sustentem. Assim, conhecer, avaliar e inferir sobre práticas passadas acerca do ensino e da aprendizagem em mudanças climáticas é fundamental para construir uma reflexão crítica e autônoma em direção às ações de mitigação e adaptação.

Alguns autores destacam que o ensino de mudanças climáticas pode acontecer por meio de múltiplas aprendizagens, a serem promovidas em diversas áreas, de forma inter e multidisciplinar e transdisciplinar (Kagawa & Selby, 2012, Colliver, 2017, Oversby, 2015, Chang & Pascua, 2017, Hermans & Korhonen, 2017, Tolppanen & Aksela, 2018, Irwin, 2020, Lehtonen et al., 2018, Lehtonen et al., 2019).

Colliver (2017) e Trajber & Mockizuki (2015) apontam um outro desafio prático para os professores: as políticas educacionais que influenciam determinadamente a construção dos currículos e, por conseguinte, a ação docente. Isso quer dizer que os docentes efetivamente precisam desenvolver abordagens alternativas de ensino e aprendizagem em mudanças climáticas em um currículo altamente verticalizado, como o australiano e o brasileiro.

As experiências exitosas no ensino de mudanças climáticas na Austrália, no Reino Unido e em Cingapura, por exemplo, estão relacionadas à sua realização por meio da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). Estudos apontam que por meio dessa metodologia os estudantes são capazes de vincular as mudanças climáticas a práticas antrópicas. A ABP viabiliza a articulação das habilidades de resolução de problemas e o trabalho cooperativo, essenciais para a compreensão de conceitos complexos por meio do pensamento crítico-reflexivo, imprimindo um caráter progressivo à aprendizagem (Colliver, 2017). Outras metodologias ativas também parecem mostrar bons resultados para o ensino de mudanças climáticas, como a *Peer Instruction* (Ensino por Pares), a

Flipped Classroom (Sala de Aula Invertida) e o aprendizado por problemas (Bacich & Moran, 2018).

O ensino de mudanças climáticas, comumente, tem se inserido no escopo da educação para sustentabilidade, educação ambiental e ecologia (Hofman-Bergholm, 2022, Trajber & Mockizuki, 2015). Tais conceitos não aparecem nos programas de formação docente dos países nórdicos, sendo esse o motivo pelo qual os docentes, muitas vezes, não compreendem como uma abordagem holística possa integrar-se e interconectar-se a seu planejamento (Hofman-Bergholm, 2022). O fator parece ser recorrente no mundo todo: existe uma lacuna entre os documentos oficiais e as políticas educacionais, a formação docente (inicial e continuada) e a prática diária em sala de aula.

O estudo de Howard-Jones et al. (2021) mostra que o ensino de mudanças climáticas é mais efetivo quando envolve a comunidade, em detrimento de ações individuais. A pesquisa foi conduzida com docentes do Reino Unido e concluiu que abordagens interdisciplinares tendem a ser mais aceitas entre eles. A mesma pesquisa aponta que, no currículo nacional do Reino Unido, não há menções diretas acerca do ensino de mudanças do clima. Este é associado às componentes curriculares de Geografia e Ciências para os estudantes na faixa etária de 11 a 14 anos de idade, sendo obrigatório em Ciências, independentemente se isso se repetir em Geografia, se esta for uma eletiva, por exemplo (Howard-Jones et al., 2021). Os autores ainda pontuam que, em Ciências, o foco está no efeito potencial das ações de mitigação frente às mudanças climáticas provocadas pelas ações antrópicas, tais como o aumento de gases que incrementam o efeito estufa natural. Em Geografia, as mudanças do clima são estudadas quanto aos cenários das eras glaciais, em contraposição aos cenários atuais, analisando as transformações nas paisagens e nos ambientes. Há também, nesse sentido, um destaque a como os seres humanos lidam com essas transformações para se adaptarem.

A pouca menção do assunto “Mudanças Climáticas” em currículos foi constatada por Howard-Jones et al (2021) no Reino Unido, no Canadá e na Bulgária; em Cingapura por Chang & Pascua, (2017) e no Brasil por Trajber & Mochizuki (2015). Poucas e localizadas ações acabam sendo relacionadas a esse tema, reduzindo o ensino das mudanças do clima a condutas individuais como a reciclagem e a separação do lixo doméstico, sem uma conotação científica e conceitual (Howard-Jones et al., 2021).

Howard-Jones et al (2021) ainda destacam que os docentes de Geografia e Ciências são os mais preparados para ensinar sobre mudanças

climáticas, porque, aparentemente, são aqueles que parecem se sentir mais confortáveis em relação à complexidade dos conceitos a serem trabalhados nessa demanda. Alguns docentes consideram que habilidades socioemocionais também exercem grande influência para que o ensino de mudanças do clima seja exitoso, tais como aquelas relacionadas a cidadania, ética, responsabilidade e justiça, todas vinculadas à capacidade de pensar criticamente e de forma reflexiva (Howard-Jones et al., 2021 e Bacich e Moran, 2018). Por fim, as poucas ações didático-pedagógicas voltadas para ensino de Mudanças Climáticas (Howard-Jones et al. 2021) deixam essa área carente de explicações e conexões.

Nessa lacuna, e em uma nova perspectiva, Eilam (2022) recomenda a criação de uma componente curricular chamada “Mudança Climática”. O autor defende esse argumento em função de ter observado que, em muitos currículos do mundo, as mudanças do clima vêm sendo ensinadas de forma fragmentada, espalhadas em diversas componentes curriculares e, algumas vezes, resumidas a um tópico e/ou item incluso no vasto guarda-chuva da sustentabilidade e/ou meio ambiente, afinal, “(...) a interdisciplinaridade se desenvolve a partir do desenvolvimento das próprias disciplinas” (Fazenda, 2012, p. 29).

Assim, Eilam (2022) acrescenta que a fragmentação contribui para a baixa assimilação dos conceitos realmente importantes no que se refere às mudanças climáticas. A fragmentação em muitas áreas e disciplinas acaba por ensinar os conteúdos de forma distante do que são efetivamente e, dessa maneira, sua aprendizagem não assume significado para os estudantes. A criação de uma componente curricular de mudanças climáticas no currículo contribuiria de forma bastante significativa para a internalização dos conceitos acerca das atuais situações climáticas.

Na maior parte dos currículos, a mudança climática é ensinada de forma *cross-curricular* (Kagawa & Selby, 2012, Petraglia, 2013), ou seja, distribuída pelas componentes curriculares. Outra abordagem bastante sugerida é a da interdisciplinaridade, em que vários componentes curriculares promovem o ensino, contudo, ainda parece que há uma concentração em Geografia e Biologia ou entre ambas, de forma mista.

A questão do alinhamento curricular também é mencionada por Kagawa & Selby (2012) quando destacam que o ensino de mudanças do clima é necessário, face à demanda de ações de mitigação e adaptação a seus efeitos. Chang & Pascua (2017), citando o caso de Cingapura, apontam que não há obrigatoriedade na inclusão de mudanças climáticas no currículo local, mas seu ensino ocorre normalmente ao longo

da Educação Básica, como um tópico discutido nas escolas, frequentemente na componente curricular de Geografia, ou como um tema relacionado à Educação Ambiental e/ou Sustentabilidade, de forma mais ampla. Os autores ainda apontam que os docentes de Geografia são os mais indicados para a tarefa, haja vista sua abordagem costumadamente holística e humana das Ciências e da própria educação ambiental.

Há três principais maneiras de as mudanças climáticas serem encontradas nos currículos escolares (Eilam, 2022): (i) diluídas em conceitos relacionados à alfabetização ambiental; (ii) incluídas em uma ou mais componentes curriculares e/ou (iii) disseminadas pelas componentes curriculares de forma mais ampla. Para que isso aconteça, há necessidade de uma ampla discussão pública que guie as orientações acerca dos programas de ensino de mudanças climáticas, o que levou à sua integração aos programas de Educação Ambiental e Educação para Sustentabilidade (Chang & Pascua, 2017). Isso pode ser uma possibilidade se a diversidade local for considerada, mas pode igualmente comprometer a efetividade da aprendizagem e dos currículos por não estar diretamente relacionada a nenhuma política pública.

Quando as mudanças climáticas não são uma componente curricular específica, há uma lacuna no ensino dos conceitos (Eilam, 2022). Os docentes podem não estar confortáveis com os conceitos na medida em que há uma abertura muito grande sob os espectros da educação ambiental e/ou para sustentabilidade. Isso acontece porque a organização em componente curricular é feita mediante uma longa tradição, cujo reflexo é em métodos sólidos de como ela é ministrada e ensinada em uma perspectiva curricular.

Apesar de defender a ideia de que as mudanças climáticas devem ser ensinadas a partir de uma componente curricular, Eilam (2022) reconhece que isso não pode acontecer de forma independente, haja vista que seus conceitos inerentes são complexos e abarcam outras áreas do conhecimento e outras componentes curriculares. A sua defesa em relação a uma abordagem disciplinar está relacionada ao conhecimento teórico-metodológico acerca das mudanças climáticas, para as quais, apesar de complexas, diversas perspectivas de compreensão e análise podem contribuir para seu efetivo entendimento.

Outro ponto importante postulado por Eilam (2022) é que é bem maior o engajamento docente quando se trata de uma componente curricular a ser ministrada, já que isso viabiliza maior reconhecimento acadêmico; isso, por sua vez, garante maiores esforços e motivação,

tanto dos estudantes quanto dos colegas docentes. Para os estudantes, o desenvolvimento de habilidades específicas é mais favorável quando se dispõe de uma componente curricular estruturada, em comparação com uma situação em que o tema está diluído em outras. Portanto, as mudanças climáticas são mais efetivamente ensinadas dessa forma, permitindo que o estudante desenvolva uma avaliação crítica da informação baseada em evidências conectadas aos pressupostos teóricos-metodológicos das mudanças climáticas.

Embora as mudanças climáticas sejam largamente conhecidas por sua complexidade e interdisciplinaridade, Eilam (2022) admite, contudo, que é muito complicado encontrar um lugar para elas nos currículos atuais. Assim, nota-se que o ensino de mudanças climáticas, no Brasil e em vários países está amplamente disperso (Oversby, 2015, Colliver, 2017, Chang & Pascua, 2017, Hermans & Korhonen, 2017, Tolppanen & Aksela, 2018, Irwin, 2020, Chang, 2015): ora está inserido em um tema mais amplo, como Meio Ambiente e/ou Sustentabilidade; ora concentrado em alguma área, como as de Humanidades/Biológicas. Também pode constituir uma componente curricular, com destaque para Geografia e/ou Ciências/Biologia (Trajber & Mochizuki, 2015).

Em função da complexidade dos conceitos relacionados a mudanças do clima, estudos mostram que abordagens ativas de aprendizagem adotadas em contextos multidisciplinares parecem funcionar de forma mais eficiente para a construção de um pensamento crítico-reflexivo, capaz de trazer problematizações do mundo real para a sala de aula, viabilizando que o estudante tenha uma experiência mais significativa e, dessa forma, seja capaz de mobilizar tais conceitos para a resolução de problemas relacionados aos efeitos das mudanças climáticas (Faria et al., 2021, Zezzo & Coltri, 2022).

Metodologia: revisão integrativa da literatura

Este trabalho está fundamentado na metodologia da revisão integrativa, que tem como ponto de partida a reflexão acerca de uma questão norteadora que orienta assertivamente a coleta de dados amostrais na literatura, sua análise crítica seguida de uma discussão, para verificar em que termos a pergunta norteadora é respondida (Souza et al., 2010, Zezzo & Coltri, 2022). O fluxo de trabalho da revisão integrativa seguiu o esquema indicado na Figura 1.

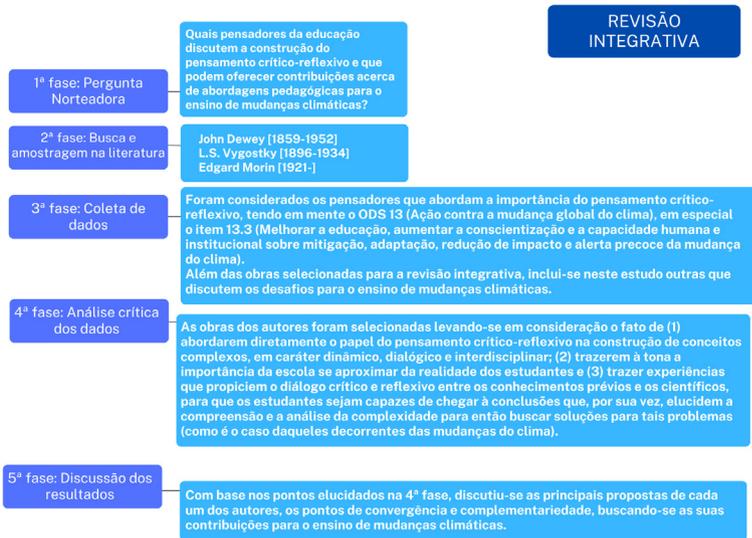


Figura 1. Etapas da Revisão Integrativa. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023

A pergunta norteadora da revisão integrativa foi:

- *Quais pensadores da educação discutem a construção do pensamento crítico-reflexivo e podem oferecer contribuições acerca de abordagens pedagógicas para o ensino de mudanças climáticas?*

A pergunta orientou a busca por referências na literatura da educação por pensadores que discutem a contribuição do pensamento crítico-reflexivo no processo de construção de conceitos complexos e que podem fundamentar o desenvolvimento de propostas didático-pedagógicas para o ensino de mudanças do clima.

Nesse sentido, John Dewey [1859-1952] é uma importante referência na educação. As obras selecionadas – *Como pensamos* (1) e *Experiência em Educação* (2) – abordam, respectivamente, (1) uma análise à guisa de compreensão da constituição do processo de pensamento, destacando a importância do pensar criticamente, por meio da reflexão argumentativa, acerca dos objetos de aprendizagem (conteúdos) e (2) o papel da experiência, sobretudo quando se trata de conceitos complexos, para a resolução de problemas do mundo real. Por experiência se entende, segundo Dewey (1979, 2013), a abordagem da realidade em sala de aula,

para que os estudantes sejam capazes de mobilizar os conhecimentos ali construídos para a resolução de problemas, o que vem de encontro com a demanda do ensino de mudanças climáticas.

Vygotsky [1896-1934] apresenta uma teoria essencial para a construção de conceitos, a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que se constitui a partir do diálogo entre conhecimentos e entre pares, como ferramenta para a construção de conceitos. Isto quer dizer que estudantes sob mentoria docente são capazes de construir e compreender conceitos novos mediante o diálogo entre si e com a mediação pedagógica docente.

Por isso, a constituição da ZDP é fundamental para a resolução de problemas de forma autônoma. Em sua obra *Formação social da mente*, Vygotsky (2007) apresenta essa teoria, fundamentando-a na ideia de que a resolução de problemas nunca é linear, sempre é espiralada e envolve um pensar holístico, interdisciplinar, tão necessário para o ensino de conceitos complexos.

Na obra *Pensamento e Linguagem*, Vygotsky (2008) propõe que a construção conceitual não se desenvolve de maneira uniforme, e sim intrincada e, por isso, é preciso buscar na concretude (realidade do aluno) experiências para se compreender e analisar a complexidade. Isso ocorre por meio de diálogos entre conhecimentos (prévios, espontâneos e os científicos), dialeticamente e de forma mediada (pela ação docente, de forma intencional), em direção à resolução de problemas.

Se as mudanças do clima envolvem a compreensão e a análise de conceitos de diversas áreas do conhecimento, fluidos e complexos, Morin [1921-] destaca a necessidade de se analisar a realidade como um todo contextualizado, haja vista que o entendimento da concretude leva ao da complexidade. Em *Introdução ao pensamento complexo*, Morin (2015) chama a atenção sobre os problemas relacionados à redução e à simplificação, como aqueles pertinentes à elaboração de propostas de ensino e aprendizagem. Já em *Os sete saberes necessários à educação do futuro*, Morin (2011) coloca a incerteza como parte do conhecimento complexo, ao passo que a certeza traz redução, algo que prejudica, por exemplo, o ensino de mudanças climáticas.

A revisão integrativa dessas três obras permitiu discutir a contribuição dessas teorias clássicas para o ensino de mudanças climáticas: (a) John Dewey [1859-1952], com o entendimento da forma como se estrutura o pensamento e a necessidade de a experiência fazer parte da sala de aula nesse processo; (b) Vygotsky [1896-1934], com a ZDP,

infeere acerca da importância da intencionalidade pedagógica, necessária para promover o diálogo entre conhecimentos prévios e espontâneos para a construção de conhecimentos científicos e, assim, serem mobilizados na resolução de problemas. Por fim, (c) Morin [1921-] salienta que o caminho para a compreensão da complexidade é interdisciplinar, fluido e envolve a capacidade de resolução de problemas, em contextos diversos e reais.

A revisão integrativa se deu considerando os três pilares que devem fundamentar o ensino de mudanças climáticas: (i) o desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo; (ii) a necessidade de se trazer a experiência do cotidiano, da realidade dos estudantes para a sala de aula e assim (iii) compreender e analisar a complexidade inerente aos conceitos relacionados às mudanças do clima. Dado que os três autores discutem o pensamento crítico-reflexivo, a análise de suas obras, aliada à temática do ensino de mudanças climáticas, este estudo alia a revisão integrativa das obras supracitadas aos principais debates atuais acerca do tema.

Resultados

Pilares que fundamentam o ensino de mudanças climáticas

Apesar da falta de clareza em relação a uma teoria pedagógica clássica para o ensino de mudanças climáticas e diante do cenário de dificuldades salientado, destacam-se três pilares para a fundamentação do ensino de mudanças climáticas.

O **primeiro pilar** está diretamente relacionado ao desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo, fundamental para a análise e a compreensão de conceitos complexos, como aqueles relacionados às mudanças do clima. Abordagens disciplinares e lineares, como visto, só viabilizam uma construção pontual e técnica de conhecimentos, desprovida de uma visão holística, inerente à complexidade, que “(...) é a união entre a unidade e a multiplicidade” (Morin, 2011, p. 36). A construção do pensamento crítico-reflexivo é fundamental para a análise e a compreensão de conceitos de natureza complexa, como aqueles relacionados às mudanças climáticas. O entendimento da complexidade envolve uma compreensão das interconexões e das relações entre diferentes elementos de um sistema, no caso, do clima.

O clima é um sistema complexo composto pela interação de subsistemas, como hidrosfera, litosfera, atmosfera, criosfera e biosfera

(Suguio & Suzuki, 2009) e, mais atualmente, composto pela interferência do subsistema da sociedade humana (Artaxo, 2014). O entendimento de todas as interações e as conexões, aliado aos conceitos de incerteza, projeções, modelagem e sociedade (Stevenson et al., 2017), dentre outros, são fundamentais para o entendimento das mudanças climáticas.

Os problemas e os fenômenos do mundo real são intrinsecamente complexos e exigem análise holística. O pensamento complexo, segundo Morin (2015), busca compreender as várias partes de um todo, bem como as dinâmicas e os padrões emergentes que surgem dessas partes, valorizando uma visão sistêmica e a capacidade de se lidar com a incerteza e a ambiguidade, uma vez que “ênfatisa o problema e não a questão, que tem uma solução linear” (Petraglia, 2013, p.18).

As mudanças climáticas, assim, demandam abordagens de ensino e aprendizagem que viabilizem uma nova forma de pensar e que envolvam análise diligente e objetiva de ideias, argumentos ou informações. Por exemplo, no desenvolvimento de atividades de adaptação e mitigação, uma nova forma de pensar se faz necessária, para que as atividades sejam possíveis dentro da realidade das comunidades; isso contraria o velho pensamento da sociedade sobre altas emissões de gases de efeito estufa. Assim, o pensamento crítico-reflexivo abrange a capacidade de questionar e analisar criticamente afirmações, buscar evidências e considerar diferentes pontos de vista, refletindo para tomar decisões assertivas e com significado para a resolução de problemas. Nesse sentido:

Trata-se de um olhar para várias direções e reeducar o olhar para a complexidade da vida, levando-se em conta que não há uma resposta única para cada problema (Petraglia, 2013, p. 60-61).

O **segundo pilar** versa sobre a importância de o docente realizar um trabalho que traga o contexto real e do estudante para a sala de aula. Com isso, de fato, é possível proporcionar experiências relacionadas às mudanças do clima e, dessa forma, engajar os estudantes, buscando, por meio de uma reflexão crítica, alternativas para a resolução desses problemas (Morin, 2015, 2011). Não adianta, por exemplo, a atividade em sala de aula tratar de casos de enchentes e inundações, se a escola está, fisicamente, em um local climatologicamente seco e que tende a ficar mais seco dentro das projeções de mudanças climáticas. As experiências de engajamento precisam estar conectadas à realidade da comunidade (Dewey, 1979, 2023).

Por fim, o **terceiro pilar** se relaciona às abordagens interdisciplinares. A interdisciplinaridade possibilita a construção de análises e compreensões por meio de vários conceitos, que, atuando dialogicamente e dinamicamente, são capazes de levar o estudante a interlocuções mais significativas em direção à promoção de ações de mitigação e prevenção aos efeitos das mudanças climáticas de forma autônoma. A título de exemplo, se a escola se situa em uma área suscetível à ocorrência de deslizamentos em épocas de alta pluviosidade, uma boa ideia seria construir um pluviômetro para, ao longo dos meses, verificar o aumento das chuvas e, assim, verificar como estão as estruturas, o que pode prevenir problemas relacionados a deslizamentos. Os dados podem ser interpretados por professores de diversas componentes curriculares, trabalhando-se a construção de gráficos, tabelas e buscando-se na literatura abordagens para mobilizar esses conceitos para a resolução de problemas, como coloca Petraglia (2013).

Entendemos que o exercício da reflexão e da crítica dos estudantes, acerca do próprio conhecimento será fundamental para a sensibilização dos jovens sobre *grandes questões de nosso tempo* (...) (Petraglia, 2013, p.118, grifos nossos)

Para Morin (2015), a atual forma de organização escolar e, consequentemente, curricular, tem priorizado uma certa hierarquia entre componentes curriculares e/ou entre áreas de conhecimento. Isso tem gerado uma redução e uma simplificação dos conhecimentos a serem ensinados para os estudantes, o que resulta em compreensões fragmentadas e hipersimplificadas da realidade, o que Morin denomina de “(...) despedaçamento teórico” (Morin, 2015, p. 49). Um exemplo seria que, para aprender sobre mudanças climáticas, o estudante se depara com problemas relacionados às ações de mitigação e prevenção de seus efeitos negativos. O docente, dessa forma, teria a função de promover a aprendizagem de conceitos relacionados à Ciência do Clima. Ao desencadear processos internos nos estudantes, o docente suscita a organização e a movimentação dialética e dinâmica entre os conhecimentos prévios com os científicos escolares de forma intencional (Vygotsky, 2007).

Tal experiência transforma e amplia a visão de mundo em termos de sentido e significado. Por isso, a experimentação está atrelada ao desenvolvimento da construção conceitual, com base na mediação docente, em um processo dialógico (Vygotsky, 2007) entre os conhecimentos prévios e aqueles relacionados à ciência do clima. Para Fazenda (2012),

“(…) a interdisciplinaridade nos conduz a um exercício de conhecimento: o perguntar e o duvidar” (Fazenda, 2012, p. 28)

Ao se deparar com problemas advindos das mudanças climáticas em sua própria realidade, o estudante busca por respostas e soluções, por meio da experimentação, articulada pelo pensar crítico e reflexivo acerca da situação. Nesse momento, em que há uma combinação entre os conhecimentos reais, representado pelo conhecimento científico (escolar) e os seus conhecimentos prévios, constitui-se a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (Vygotsky, 2007). A ZDP refere-se à diferença entre o nível de desenvolvimento real de uma pessoa e seu potencial de desenvolvimento com a assistência ou orientação de um parceiro mais capaz. Se a resolução de problemas, segundo Vygotsky (2007), ocorre de forma espiral e não circular, isso significa que o estudante começa a pensar nos problemas atuais, porém com perspectivas de ações futuras, acessando domínios cognitivos superiores, como a capacidade de síntese, ou seja, há uma ruptura do que se pensava anteriormente, evitando-se, dessa forma, uma “(…) visão unidimensional abstrata” (Morin, 2015, p. 11).

O nível de desenvolvimento real será atingido mediante o potencial estímulo do pensamento crítico-reflexivo, para a busca de soluções e realização de tarefas com a ajuda de outras pessoas e/ou com o suporte de ferramentas e recursos adequados em um processo experimental e intencionalmente elaborado pelo docente Vygotsky (2007, 2008). Por isso, a importância da interação social e da mediação pedagógica na busca por soluções para problemas da vida real é destacada, uma vez que a ZDP de hoje será o desenvolvimento real do estudante amanhã.

Se os conceitos, quer sejam científicos ou espontâneos, têm sua construção sempre mediada (Vygotsky, 2008), é preciso buscar por estratégias de ensino e aprendizagem capazes de construir conceitos científicos complexos com significado. Para tanto, é preciso considerar as relações entre os conceitos e a realidade do estudante, de forma que a concretude conduza ao entendimento da complexidade, por meio da experimentação.

Nesse sentido, Morin (2015) afirma que o desafio da complexidade é justamente aproximar e integrar conhecimentos científicos à realidade, em busca de uma organização que tenha significado e, assim, seja capaz de prover soluções para problemas reais. Os conceitos relacionados às mudanças climáticas são complexos e demandam essa integração, uma vez que

O conhecimento das informações ou dos dados isolados é insuficiente. É preciso situar as informações e os dados em seu contexto para que adquiram sentido (Morin, 2011, p. 34) e *Complexo é um pensamento que une, integra (...)* (Petraglia, 2013, p.50, grifos nossos).

Para Vygotsky (2008), os conceitos científicos se desenvolvem de uma forma diferenciada, mediante generalizações que assumem significados por meio da linguagem, uma vez que “(...) a verdadeira comunicação requer significado – isto é, generalização (...)” (Vygotsky, p. 7). Com a mediação pedagógica e a experimentação, em situações reais, com problemas do seu cotidiano, o estudante é capaz de buscar soluções de forma autônoma. Para Vygotsky (2008), “(...) para que o processo se inicie, deve surgir um problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos” (Vygotsky, p. 68).

A construção de um conceito científico, dessa forma, deve estar atrelada a um processo de resolução de problemas, orientado por questões norteadoras e objetivos claros, que viabilizem uma operacionalização dinâmica entre os conceitos prévios e os científicos em busca de soluções. Isso se dá, por sua vez, dialeticamente, por meio de um pensamento crítico e reflexivo.

Dewey (1979) aponta que a falta de correlação entre o que os alunos encontram na escola e na vida real torna a aplicabilidade e a transferência do conhecimento algo sem significado. Por isso, é preciso buscar propostas de ensino e aprendizagem capazes de promover o entendimento e a compreensão dos efeitos das mudanças climáticas assentadas nos processos de pensamento crítico-reflexivo e, para Dewey (1979), o desenvolvimento de projetos, como no exemplo da metodologia ABP – Aprendizagem Baseada em Projetos.

O ODS 4 (Educação de Qualidade) preconiza a necessidade de “Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos”. Nota-se aqui a demanda por práticas pedagógicas que propiciem aos estudantes a mobilização dos conhecimentos (científicos) construídos em sala de aula na implementação de soluções de problemas do cotidiano, de sua realidade.

O ensino de mudanças do clima requer a problematização e a experimentação, acompanhadas de abordagens didático-pedagógicas não lineares e que fujam de práticas tradicionais, uma vez que a formação de conceitos “(...) é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser ensinado por meio de treinamento. (...)” (Vygotsky, 2008, p. 104). Outro ponto igualmente importante destacado por Vygotsky (2008) é a atuação do contexto social. Os fatores externos influenciam o processo de aprendizagem e, conseqüentemente, a construção de conceitos. Dessa forma, a experimentação é a atividade que assume uma grande responsabilidade em tangenciar conceitos e realidade. Adicionalmente, a experiência socio-

cultural do estudante constituirá um importante elemento no processo dialético e dinâmico de análise e síntese, fundamentais para o fomento das habilidades relacionadas ao pensamento crítico e reflexivo, uma vez que os conceitos científicos “(...) carecem da riqueza de conteúdo proveniente da experiência pessoal” (Vygotsky, 2008, p. 135).

Para a compreensão dos conceitos complexos relacionados às mudanças climáticas, o docente precisa acessar processos psicológicos superiores, como a análise e a síntese (Miguel & Carneiro, 2023). Para tanto, as abordagens de Vygotsky (2007, 2008) e Dewey (1979, 2023) parecem bastante adequadas porque sugerem que a experimentação é o caminho mais viável para a construção do conceito a partir do concreto, por meio da mediação pedagógica. Sobre isso, Vygotsky ressalta que:

(...) o adolescente formará e utilizará um conceito com muita propriedade numa situação concreta, mas achará estranhamente difícil expressar esse conceito em palavras (...) (Vygotsky, 2008, p. 99).

Os conceitos e as teorias relacionados às mudanças do clima são complexos, o que torna a tarefa do docente ainda mais desafiadora. Dessa forma, atrelar o ensino de mudanças do clima ao desenvolvimento de um pensar, de forma crítica e reflexiva sobre os efeitos e os problemas acarretados por esse processo, sobretudo na realidade do estudante, parece ser um caminho indicado.

Westbrook (2010) coloca que Dewey era enfático ao afirmar a importância do pensamento crítico e reflexivo na resolução de problemas. Isso é viabilizado, assim, pela experimentação, como corroborado por Burke (2015), no que se refere à importância da experiência. Esse autor sublinha que existe uma categoria de problema denominado “wicked problems”, que são aqueles cuja solução, *inevitavelmente*, demanda conceitos e perspectivas de várias áreas do conhecimento e de diversos componentes curriculares. Dewey, de acordo com Westbrook (2010), era avesso a qualquer proposta de ensino e aprendizagem que se direcionasse para a disciplinaridade pura e simples, ou seja, a mera exposição/memorização. Adicionalmente, Westbrook (2010) destaca o compromisso de John Dewey [1859-1952] com a democracia, cujo alicerce deve estar sob a integração entre a teoria e a prática. Para tanto, a aprendizagem de uma teoria e/ou conceito a ser ensinado na escola é intimamente ligada e conectada à vida social e à realidade dos estudantes.

Para a resolução de problemas associados às mudanças do clima – que são problemas reais – Westbrook (2010) chama a atenção para o fato

de ser necessário recorrer à literatura em busca de subsídios, porém não se pode esquecer da concretude do problema, fato que o docente deve considerar para despertar o interesse no/do estudante em conhecer e aprender. Assim, com a experimentação, abre-se uma multiplicidade de possibilidades de tal conhecimento ganhar significado:

A chave da Pedagogia de Dewey consistia em proporcionar às crianças ‘experiências de primeira mão’ sobre situações problemáticas, em grande medida, a partir de experiências próprias (...) (Westbrook, 2010, p. 25).

Por isso Dewey, segundo Westbrook (2010), fala em experiência educativa, chamando a atenção para a intencionalidade do processo pedagógico na (re)construção de conceitos que, assim, são (re)significados. Se o processo educativo é uma reconstrução contínua da experiência humana, essa experiência deve ocorrer de forma consciente, ou seja, permitindo ao estudante uma construção reflexiva e crítica do pensar. Westbrook (2010) coloca que, para Dewey, só se aprende o que se pratica, com intencionalidade e por associação; conscientemente nunca se aprende uma única coisa, uma vez que a aprendizagem deve ser integrada à vida, que, por essência, é múltipla e complexa.

Para Dewey (2023), uma experiência de aprendizagem é uma situação na qual, em uma ação intencional, o docente é capaz de promover experiências que sejam capazes de construir conhecimentos com significado. Essas experiências, de acordo com Dewey (2023), proporcionam uma aprendizagem contextualizada, fortemente vinculada à experiência dos estudantes, já que os conceitos adquirem sentido para a sua realidade, de maneira dinâmica e interativa. A experiência educativa provoca a construção de uma nova perspectiva acerca dos conceitos, ensinados por meio de processos ativos de aprendizagem, o que, por sua vez, coloca o estudante em uma posição protagonista, visualizando oportunidades de mobilizá-los para a resolução de problemas de sua realidade, para “(...) formar cidadãos aptos a enfrentarem os problemas de seu tempo. (Petraglia, 2013, p. 59)

Dewey (2023) explica que temas complexos implicam em abstrações. Se mudanças climáticas envolvem conceitos de múltiplas naturezas, promover sua aprendizagem por meio da experiência pode proporcionar uma maior compreensão da realidade, uma vez que tal proposição envolve interação e integração entre o sujeito da aprendizagem (estudante) e os conceitos relacionados às mudanças do clima.

Para Dewey (2023), “Toda experiência deve preparar o aluno para

uma experiência futura” (Dewey, 2023, p. 60) e, por isso, “O ensino isolado não prepara os alunos para as experiências no mundo real” (Dewey, 2023, p.61). Assim, é possível concluir que práticas didático-pedagógicas associadas a abordagens e metodologias tradicionais, relacionadas à memorização e ao ensino, de forma linear, de conceitos, não se adequam aos temas relacionados às mudanças do clima, assim como um papel centralizador do docente.

Dewey (2023), ainda destaca que o docente poderia assumir o papel de mentor, decorrendo o protagonismo, assim, das ações discentes significativas oriundas das experiências de aprendizagem proporcionadas. Para que isso aconteça,

(...) o conteúdo das matérias deve derivar das experiências comuns da vida (...)” (p. 80) advindo “(...) de materiais que, originalmente, pertenciam ao escopo da experiência de vida cotidiana” (p. 106). Por isso, “(...) o educador considera ensinar e aprender como um processo contínuo de reconstrução da experiência (...)” (Dewey, 2023, p. 133), já que “(...) aprender é, inicialmente, aprender em relação à própria vida” (Fazenda, 2012, p.41).

Vygotsky (2007, 2008) relembra que os conhecimentos prévios são a base para a construção dos conhecimentos, ou seja, os novos conhecimentos. Assim, é possível, então, concluir que as experiências prévias também são entendidas como a base para a construção de novas experiências de aprendizagem. Por isso,

(...) a educação deve produzir seu material a partir da experiência presente e deve capacitar o aluno para lidar com os problemas do presente e do futuro (Dewey, 2023, p.113).

Para ensinar, é preciso estabelecer conexões. Por meio dessas conexões, o estudante compreenderá e analisará a sua realidade de forma crítica e reflexiva, nela poderá agir e gerar transformações, mobilizando os conhecimentos. O professor pode promover experiências de aprendizagem apoiadas no fomento ao pensamento crítico-reflexivo para seu aluno “(...) se desenvolver a partir de condições de experiência que deem origem a uma busca ativa por informação e novas ideias” (Dewey, 2023, p.117).

A compreensão, de acordo com Dewey (1979) e Wiggins & McTighe (2019), envolve a experiência e, assim sendo, os autores sublinham a necessidade de a escola estar diretamente relacionada à vida, ou

seja, aos problemas da vida real. Se a realidade é complexa, demanda conhecimentos diversos para a sua compreensão e, para tanto, é preciso fomentar a conexão entre as coisas.

Segundo Morin (2011), a reflexão gera dúvidas e a incerteza faz parte da realidade complexa. Busca-se, por meio da experiência e do diálogo entre os conhecimentos, chegar a conclusões que, por sua vez, elucidem a compreensão do problema real, tarefa para qual é necessário “(...) exercer um pensamento capaz de lidar com o real, de com ele dialogar e negociar” (Morin, 2015, p.6). Os estudantes, como sujeitos do mundo, precisam refletir criticamente sobre as coisas do mundo, os problemas da vida real. E isso se aprende na escola. Dewey (1979) e Morin (2011) colocam a necessidade de se tomar evidências e fatos como base para a construção do conhecimento, por meio da crítica e da reflexão. Se o professor deseja ensinar sobre efeito estufa, por exemplo, há que se buscar evidências e fatos do fenômeno para que, na medida em que as reflexões críticas aconteçam, sejam embasadas no diálogo entre os conhecimentos a serem construídos e tais fatos e evidências acerca do efeito estufa. No exemplo, nota-se a falta de práticas de ensino e aprendizagem pensadas para uma reflexão crítica que conduza ao entendimento do problema (e.g. as diferenças entre o efeito estufa natural e o antrópico), processá-lo por meio de uma reflexão crítica em perspectiva de ação e, assim, lançar mão do conhecimento para propor soluções (Dewey, 1979, 2023, Grohs et al., 2018).

Se os estudantes prosseguirem com um cauteloso e cuidadoso exame de fatos e evidências, praticando a reflexão crítica, conduzida pelo docente, podem construir suas conclusões sobre o efeito estufa de maneira autônoma. É dessa forma que se busca a compreensão e a análise da complexidade, já que uma “(...) perspectiva polissêmica nos permite melhor enfrentar os desafios da atualidade (...)” (Petraglia, 2013, p.72). Por isso Dewey (1979) e Wiggins & McTighe (2019) destacam a importância da intencionalidade pedagógica. Para que o estudante efetivamente compreenda aquilo que o docente pretende ensinar, é preciso que o conjunto de ações relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem sejam construídas a fim de que os conceitos tenham sentido, e um sentido real, significativo, para a vida real.

A compreensão, segundo Wiggins & McTighe (2019), envolve também a transferência desses conhecimentos para o mundo real. Para tanto, segundo Dewey (1979), a experiência é fundamental, já que “os estudos disciplinares correm o risco de perder o contato com a prática” (Dewey,

1979, p. 68), e é dessa forma que conceito e contexto se mostram como fundamentos para a compreensão, ou seja, a efetiva aprendizagem.

O pensamento crítico-reflexivo, assim, é importante para o ensino de temas complexos, tais como as mudanças climáticas, uma vez que demanda observação, dados/fatos, inferências e inquirições e experimentação. Com isso será possível a construção de uma visão de futuro contextualizada e referendada pelo diálogo entre os pares e entre os conhecimentos, sempre mediado e conduzido pelo docente.

O processo de significação envolve o contexto. O ensino tradicional, linear e segmentado, disciplinarizado, não viabiliza a construção do pensamento crítico nem tampouco a reflexão acerca do que se ensina, uma vez que “(...) não se pode compreender nenhuma realidade de modo unidimensional” (Morin, 2015, p.69):

O pensamento, historicamente, linear e reducionista, já começa a mudar na direção à multidimensionalidade. Trata-se de olhar para várias direções e reeducar o olhar para a complexidade da vida, levando-se em conta que não há uma resposta única para cada problema (Petraglia, 2013, p.61).

Assim, para uma realidade complexa, estabelecer relações é fundamental. Tais relações podem ser elaboradas por meio da problematização e da experiência. Isto quer dizer que, se o estudante não for capaz de construir tais generalizações, a compreensão, de fato, não acontecerá. Se os docentes focarem muito mais nos processos de ensino do que naqueles relacionados à aprendizagem, haverá um peso desproporcional dado aos objetos de aprendizagem (conteúdos) em si. Além disso, a falta de conexões e experimentações com o mundo real, fica evidente.

As ideias e afirmações mais importantes precisam ser testadas, não apenas mencionadas, para que sejam compreendidas. É assim que construiremos significado e superaremos o pensamento simplista (Wiggins & McTighe, 2019, p.231).

Se a compreensão envolve fazer conexões, transferir o conhecimento a contextos reais e aplicar tais conhecimentos e habilidades para resolver problemas (Petraglia, 2013, Wiggins & McTighe, 2019), o papel da experimentação é, então, fundamental. O ensino de mudanças climáticas, no entanto, tem se pautado justamente no oposto: a ênfase na linearidade, na disciplinaridade, para somente depois se proporem experiências. Portanto, há uma urgente necessidade de mudança, pau-

tados na interdisciplinaridade, no pensamento crítico-reflexivo, na experimentação e na contextualização.

Conclusões

Diante do desafio colocado para o ensino de mudanças climáticas, que envolve conceitos fluidos, diversos e de natureza complexa, a revisão integrativa da literatura mostrou-se como uma ferramenta importante, destacando pensadores clássicos da educação que podem oferecer contribuições significativas para o avanço do ensino de mudanças climáticas na sociedade.

A promoção de uma educação de qualidade é vista como o principal caminho para a conscientização acerca dos efeitos das mudanças do clima, sobretudo se tomarmos o ODS 13 da Agenda 2030, da qual o Brasil é signatário. Isso viabiliza a formação de cidadãos capazes de mobilizar conhecimentos para a tomada de ações de mitigação e adaptação aos seus efeitos em suas realidades. Para que isso seja possível, o ensino de mudanças climáticas precisa ser pautado por abordagens interdisciplinares, que possibilitem ao estudante experienciar a sua própria realidade, impulsionado pela compreensão e análise críticas dessa complexidade. Os conceitos, igualmente complexos, só podem ser compreendidos por meio de abordagens de ensino e aprendizagem que foquem em sua construção dinâmica e dialógica, mediada pelo docente.

Dewey, Vygotsky e Morin trazem conceitos importantes para esse fim. Dewey [1859-1952] destaca a relação entre a construção de conceitos e o pensamento crítico-reflexivo. Sua teoria enfatiza a importância do ensino e da aprendizagem dos conceitos científicos que, por sua vez, precisam estar conectados com a realidade dos estudantes, permitindo, assim, um maior engajamento. Dessa forma, ao promover esse tipo de experiência, a aprendizagem ganha um significado mais efetivo para o estudante, que passa a associá-la à vida real.

Já Vygotsky [1896-1934], em sua teoria sobre a aprendizagem, desenvolve o conceito de ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). Essa abordagem é essencial para a construção de conceitos por nascer mediante um diálogo entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os científicos, por meio da mediação docente, em caráter intencional. Assim, o pensar de forma crítica e reflexiva se apresenta como habilidade fundamental e, conseqüentemente, para a aprendizagem com significado. Vale destacar que esse movimento dinâmico de diálogo entre

conceitos acontece sempre em convívio, o que permite que outras habilidades socioemocionais sejam igualmente trabalhadas e desenvolvidas.

Por fim, a obra de Morin [1921-] traz a teoria da complexidade, que permite entender o caráter interdisciplinar do ensino de mudanças climáticas. A abordagem de Morin discute o exercício do pensamento crítico-reflexivo para a compreensão da realidade e sua inerente complexidade, tão necessário no ensino de Mudanças Climáticas. Nas obras selecionadas e analisadas, o caminho apontado para a construção de propostas para o ensino de mudanças climáticas pode ser viabilizado de uma forma mais assertiva e que promova cidadãos críticos, com maior engajamento, futuros tomadores de decisão.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por auxílio de pesquisa concedido no processo 143397/2022-2./2022-2

Referências

- Artaxo, P. (2014). Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? *Revista USP*, 103, 13-24. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p13-24>.
- Bacich, L. & Moran, J. (2018) *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso Editora.
- Barbosa, R., & Carneiro, C. D. R. (2024). Pensamento crítico e criativo na Educação Básica por meio das Geociências. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2024). *Explorando a Terra na Educação Básica*, volume 2. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra. p. 43-68. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 2). URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/169>. Acesso 27.04.2024.
- Burke, B. (2015). *Gamificar: como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias*. São Paulo: DVS Ed.
- Chang, C. H. (2015). Teaching Climate Change—A Fad or a Necessity? *International Research in Geographical and Environmental Education* 24(3), 181-183. DOI: <https://doi.org/10.1080/10382046.2015.1043763>.
- Chang, C.H. & Pascua, L. (2017) The curriculum of climate change education: A case for Singapore, *The Journal of Environmental Education*, 48(3), 172-181. DOI: <https://doi.org/10.1080/00958964.2017.1289883>.
- Colliver, A. (2017). Education for climate change and a real-world curriculum. *Curriculum Perspectives*, 37(1), 73-78. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41297-017-0012-z>.
- Dewey J. (1979). *Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o*

- processo educativo: uma reexposição*. 4 ed. São Paulo: Ed. Nacional.
- Dewey, J. (2023). *Experiência e educação*. Rio de Janeiro: Ed. Vozes.
- Eilam, E. (2022): Climate change education: the problem with walking away from disciplines, *Studies in Science Education*, 58(2), 231-264. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.2011589>.
- Faria, D. R. de, Ramos, M. C., & Coltri, P. P. (2021). Sequência Didática como estratégia para ensino sobre desafios socioambientais relacionados às Mudanças Climáticas. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), 1-12, e021052. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8667126>.
- Fazenda, I. C. A. (2012) *Interdisciplinaridade: História, teoria e pesquisa*. 18 ed. Campinas: Papirus.
- Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M., & Knight, D. B. (2018). Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. *Thinking Skills and Creativity*, 28, 110-130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.003>.
- Hermans, M., & Korhonen, J. (2017) Ninth graders and climate change: Attitudes towards consequences, views on mitigation, and predictors of willingness to act, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 26(3), 223-239. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10382046.2017.1330035>.
- Howard-Jones, P., Sands, D., Dillon, J., & Fenton-Jones, F. (2021) The views of teachers in England on an action-oriented climate change curriculum, *Environmental Education Research*, 27(11), 1660-1680. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1937576>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A., Pirani, S. L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., Caud, Y.,... & B. Zhou (Eds.)]. (2021). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge Univ. Press, 2391p. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). (s.d.). (s.d.). Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. *ODS 4: Educação de Qualidade*. IPEA. URL: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods4.html>. Acesso 03.12.2023.
- Kagawa, F. & Selby, D. (2012). Ready for the storm: Education for disaster risk reduction and climate change adaptation and mitigation1. *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(2), 207-217. DOI: <https://doi.org/10.1177%2F0973408212475200>.
- Lehtonen, A., Salonen, A. & Cantell, H. Riuttanen, L. (2018) A pedagogy of interconnectedness for encountering climate change as a wicked sustainability problem. *Journal of Cleaner Production*, 199, 860-867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.186>.
- Lehtonen, A., Salonen, A. & Cantell, H. (2019). Climate change education: A new approach for a world of wicked problems. *Sustainability, human well-being, and the future of education*, 339-374, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78580-6_11.
- Miguel, G. F., & Carneiro, C. D. R. (2023). O Ensino de Ciências da Terra com foco na aprendizagem do estudante. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de

- Campinas. p. 69-90. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Morin, E. (2011). *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO.
- Morin, E. (2015). *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina.
- Nações Unidas. (2022). *Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas*. Nações Unidas. URL: <https://bit.ly/45dSzuY>. Acesso 03.12.2023.
- Nações Unidas Brasil (2022). *Objetivos do Desenvolvimento Sustentável*. Objetivo 13: Ação Contra a Mudança do Clima. Nações Unidas. URL: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>. Acesso 03.12.2023.
- Oversby, J. (2015). Teachers' Learning about Climate Change Education, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 167, 23-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.637>.
- Petraglia, I. (2013). *Pensamento complexo e educação*. São Paulo: Ed. Livraria da Física.
- Ruth Irwin, R (2020) Climate change and education, *Educational Philosophy and Theory*, 52(5), 492-507. DOI: <https://doi.org/10.1080/00131857.2019.1642196>.
- Souza, M. T., Silva, M. D. da, & Carvalho, R. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, 8(1), 102-106. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>.
- Stevenson, R. B., Nicholls, J. & Whitehouse, H. (2017) What is climate change education? *Curriculum Perspectives*, 37(1), 67-71. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41297-017-0015-9>.
- Suguiou, K., & Suzuki, U. (2009). *A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida*. São Paulo: Blücher.
- Tolppanen, S., & Aksela, M. K. (2018). Identifying and addressing students' questions on climate change. *Journal of Environmental Education*, 49(5), 375-389. DOI: <https://doi.org/10.1080/00958964.2017.1417816>.
- Trajber, R., & Mochizuki, Y. (2015). Climate change education for sustainability in Brazil: A status report. *Journal of Education for Sustainable Development*, 9(1), 44-61. DOI: <https://doi.org/10.1177/0973408215569113>.
- UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. (2017). *Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem*. Brasília, DF: UNESCO. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252197> Acesso 23.11.2023
- Vygotsky, L. S. (2007). *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo: Martins Fontes.
- Vygotsky, L. S. (2008). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Westbrook, R. B. (2010). *John Dewey*. Recife: Fund. Joaquim Nabuco, Ed. Massangana. (Col. Educadores). URL: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/mc4677.pdf>. Acesso 05.11.2023.
- Wiggins, G. & McTighe, J. (2019). *Planejamento para compreensão: alinhando currículo, avaliação e ensino por meio do planejamento reverso*. Porto Alegre: Penso.
- Zeppo, L. V., & Coltri, P. P. (2022). Educação em Mudanças Climáticas no contexto brasileiro: uma revisão integrada. *Terræ Didática*, 18 (Publ. Contínua), 1-12, e022039. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v18i00.8671305>.

Pensamento crítico e criativo na Educação Básica por meio das Geociências

Ronaldo Barbosa
Celso Dal Ré Carneiro

O uso intensivo das Tecnologias Digitais (TD) e o acesso diversificado a ricas bases de dados pela internet mudaram definitivamente o ambiente das escolas de educação básica, que atravessam uma fase de rápidas e profundas transformações. Se a missão fundamental da Educação é formar sujeitos críticos, criativos e participativos na sociedade, a mediação do professor é decisiva em um novo contexto permeado por vídeos e animações interativas que despertam a atenção do aluno, em detrimento das demonstrações apresentadas na lousa. A disputa pulverizada pelo interesse momentâneo do aluno desafia a essência “conteudista” de muitas práticas escolares, ou seja, ações e atividades que meramente privilegiam a transmissão do conhecimento.

Graças a uma nova geração de sistemas de busca e comunicação, a simples digitação de palavras-chave resulta, de imediato, em uma fala ou em um texto-resumo pronto, dispensando até mesmo a visita a diferentes *links*. Tecnologias de Inteligência Artificial (IA) possibilitam que o estudante “elabore” textos coerentes e lógicos, sem ter havido, no entanto, qualquer papel de autoria (Mattos, 2023). É premente superar “o ensino transmissivo, memorístico e conteudista” predominante nos programas educacionais, que prejudica uma formação “voltada para o debate e a reflexão” (Cher et al., 2023, p.2). Algumas escolas absorvem com rapidez os recursos, embora as ferramentas de IA possam impedir o professor, certas vezes, de mensurar o real nível de progresso, a efetiva aprendizagem de seus alunos e a profundidade do raciocínio aplicado.

Em resumo, as TD recontextualizam o trinômio *ensino-aprendizagem-avaliação*.

As fascinantes inovações, ao serem aplicadas no ambiente educacional, cobram preço alto no desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Pesquisadores registram recuos na capacidade de leitura, na compreensão de ideias complexas, na assimilação direta de argumentos a partir de

textos, na filtragem de informações falsas ou mentirosas, no poder de observação, nas capacidades de síntese e de análise. Até mesmo a mera transmissão de informações simples e corriqueiras é prejudicada, devido à desorganização das ideias. O presente Capítulo explora aspectos desse cenário, buscando avaliar se o conhecimento de Geociências pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento criativo, analítico e crítico, no ambiente escolar. Apresentam-se dois exemplos de aplicação prática dos conceitos.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), implantada em 2018 (Brasil, 2018), interferiu direta e simultaneamente em múltiplos aspectos, como currículos, formação docente, materiais didáticos e matrizes de avaliação, mas não previu a profunda transformação causada pelo bombardeio atual de informações, aliado a novos hábitos mentais e ao uso intensivo de mídias sociais. O individualismo exacerbado se sobrepôs à cooperação, à interação social sem reservas, em um quadro que contribui para minar as habilidades emocionais e de interação social.

Cabe perguntar: o que se espera da formação dos estudantes na era digital?

Consideramos que o ensino de Geociências pode contribuir para despertar criatividade e espírito crítico junto aos alunos, duas qualidades que ajudam a enfrentar os desafios de comunicação e de interpretação da realidade atual. Nesse cenário, o conhecimento das Geociências pode contribuir decisivamente para cumprir tal missão, conforme salientado, dentre outros, por Bacci, Oliveira & Pommer (2009) e Carneiro et al. (2004). Os exemplos reunidos neste Capítulo valorizam qualidades que perpassam muitas propostas do que se espera na formação dos estudantes e que desde sempre têm sido desejadas por muitos professores.

Influência das Tecnologias Digitais na Educação

O pensamento crítico consiste na capacidade de refletir sobre determinado tema, sabendo “argumentar, avaliar, levantar hipóteses, selecionar fontes de informação críveis e respeitar as opiniões alheias” (Cher et al., 2023, p.3). Para se desenvolver pensamento crítico são requeridas competências cognitivas que constituem um dos objetivos fundamentais da Educação (Guzzo & Lima, 2018):

Em escolas e universidades, o pensamento crítico é tido como um ideal que pode transformar as maneiras de ensinar e aprender, uma ferramenta capaz de favorecer a investigação e a

resolução de problemas em detrimento das rotinas de memorização, possibilitando maior autonomia aos estudantes (Guzzo & Lima, 2018, p.3).

Ao analisar fatores que controlam o desenvolvimento de raciocínio espacial, Shipley et al. (2013) propõem distinguir os conceitos de “habilidade” e “competência”. Esta última pode assumir diferentes significados mas, nesse caso, os autores referem-se ao raciocínio espacial, ao passo que “habilidade” pode ser uma qualidade fixa, “presente desde o nascimento”, sendo “imune a mudanças”:

Assumir que as habilidades espaciais são fixas é descartar a possibilidade de sucesso em um campo espacialmente exigente para qualquer pessoa com habilidades espaciais baixas. Assim, é importante enfatizar que as capacidades espaciais podem ser aprimoradas. Esta conclusão provém de meta-análises, que são essencialmente uma análise estatística de padrões observados em uma coleção de relatórios de pesquisa (Shipley et al., 2013, p.72).

As capacidades criativa, analítica e crítica são competências humanas cuja presença nas escolas pode ser abafada na era digital, embora sejam aquelas mais valorizadas para a formação do estudante na própria era digital. As sociedades colocaram em perspectiva as dimensões da revolução em curso em TD, embora sejam incapazes de aproveitar o potencial de benefícios que as redes podem proporcionar, sobretudo no campo privilegiado da Educação.

Os humanos sempre foram muito melhores em inventar ferramentas do que em usá-las sabiamente. É mais fácil manipular um rio construindo uma represa do que prever todas as complexas consequências que isso trará para o sistema ecológico mais amplo. Da mesma forma, será mais fácil redirecionar o fluxo de nossas mentes do que adivinhar o que isso fará com nossa psicologia pessoal ou aos nossos sistemas sociais (Harari, 2018, p.20).

A missão da Educação no ambiente digital inclui a possibilidade de tornar as pessoas “à prova de robôs”, além de dominarem ferramentas tecnológicas e de tratamento de dados (Aoun, 2017). Isso inclui a ideia de *human literacy*: características que os humanos possuem e que as máquinas são incapazes de imitar, tais como: criar, inovar, empreender, trabalhar em equipe, perceber e delinear diferentes perspectivas para um mesmo problema. Uma série de forças tecnológicas impulsiona a vida na era digital, segundo Kelly (2017), o que inclui as ideias de que:

(a) a oferta de serviços suplantará a venda de produtos; (b) o compartilhamento será parte da vida das pessoas em todas as instâncias; (c) saber usar informação para resolver problemas diferenciará pessoas bem e mal preparadas. Diante da rápida evolução do mundo, cabe à escola focalizar mais a *mudança* do que a *estabilidade*.

No Canadá, as competências e habilidades esperadas da educação digital e da era do conhecimento aparecem de forma bastante clara em documentos oficiais. São elas: habilidades de comunicação, capacidade de aprender de forma independente, ética e com responsabilidade, trabalho em equipe e flexibilidade, habilidade de pensamento, competências digitais e de gestão do conhecimento (Bates, 2019).

A adaptabilidade dos sujeitos poderá definir sua confiança para enfrentar um mundo no qual profissões ditas “tradicionais” serão substituídas por novas ocupações e fatalmente desaparecerão. A fusão da tecnologia da informação com a biotecnologia poderá em breve jogar “bilhões de seres humanos para fora do mercado de trabalho e minar a liberdade e a igualdade” (Harari, 2018, p.12). Nesse cenário de adaptação perene à mudança, é insuficiente abrir-se ao espírito “empreendedor”, um termo polêmico cujo uso é intensivo, porém vago e informal. Há ameaças graves, devido à concentração de poder nas mãos de uma elite que possui acesso e controle da “big data”, enquanto a maior parte das pessoas será simplesmente explorada ou terá papel irrelevante (Harari, 2018).

Livros impressos ou digitais e a questão do acesso ao conhecimento

A iniciativa de digitalização de livros pertencentes ao acervo de algumas bibliotecas de pesquisa espalhadas pelo globo, graças a acordos formalizados com a empresa Google, estabeleceu uma nova perspectiva de acesso a livros de domínio público ou disponíveis graças a acordos entre autores e editoras, quanto a direitos de copyright. O processo, contudo, não está isento de ressalvas, riscos e restrições, assinaladas por Darnton (2010):

De acordo com a afirmação mais utópica dos googlers, o Google poderá disponibilizar na internet virtualmente todos os livros impressos. Essa afirmação é enganosa e aumenta o risco de criação de uma percepção falsa, porque pode nos seduzir a negligenciar nossas bibliotecas (Darnton, 2010, p.42, grifos do original).

Se, por um lado “(...) a nova tecnologia de informação deveria nos forçar a reconsiderar o próprio conceito de informação” (Darnton, 2010, p.47), por outro lado, o ambiente que se descortina oferece aos mais jovens possibilidades infinitas de acesso ao conhecimento acumulado pela humanidade. Graças à digitalização crescente, pesquisadores podem realizar “buscas, navegar, garimpar, colher, minerar, acessar *deep links* e realizar *crawls* (os termos variam conforme a tecnologia) em milhões de *websites* e textos eletrônicos (Darnton, 2010, p.47), muito embora nenhuma tela de computador seja “tão satisfatória quanto uma página impressa” (Darnton, 2010, p.47).

Pensamento crítico e criativo

Criatividade e espírito crítico são ferramentas que ajudam o estudante a abarcar a complexidade do mundo moderno. A capacidade de construir tais competências e colocá-las em prática, de forma rotineira, pode contribuir para a tomada de decisões conscientes frente aos avanços científicos e tecnológicos. Imerso no contexto social, o conhecimento científico assumiu “papel relevante em nossas vidas” (Cher et al., 2021). Rodrigues (2008) identifica diversas proposições sobre Educação que convergem para a adoção de um sistema educacional “ampliado”, que combina as modalidades de educação formal, não formal e informal. A autora reconhece cada um desses elementos como integrantes de um sistema que denominou *educação ao longo da vida*:

Entendemos que a noção de “educação ao longo da vida” é amalgamada como concepção de educação ajustada a esse sistema educacional “ampliado”, a ser definido por nova relação docente-discente (professor animador, articulador), por novas formas de certificação (reconhecimento de aprendizagens em outros tempos e espaços) e, sobretudo, por uma nova relação com o conhecimento, marcadamente fluida e pragmática (Rodrigues, 2008, p.72).

O psicólogo Robert Sternberg (1989) propõe um modelo de pensamento formado por três categorias, umbilicalmente associadas entre si: pensamento crítico, criativo e prático. Adicionamos a essa classificação o pensamento crítico-reflexivo:

Pensamento crítico: é aquele voltado para analisar e avaliar um objeto relevante, identificável e aplicável, que pode ser um fato, um comen-

tário, uma experiência ou um conteúdo. Envolve um conjunto de critérios e argumentos para mensurar a qualidade da interpretação, explicação ou predição. O pensamento crítico oferece autonomia ao indivíduo, agrega benefícios para todas as suas atividades e oferece suporte essencial na tomada de decisões equilibradas e assertivas (FIA, 2000). De modo geral, o pensamento crítico associa-se a outros dois tipos de pensamento:

Pensamento criativo: é o raciocínio derivado da busca de novas interpretações, que ajuda o estudante a formular novas ideias e novas formas de fazer as coisas. É o pensamento crítico-criativo que estimula a autonomia do aluno!

Pensamento prático: como responder questões, tomar decisões e resolver problemas. – *Aqui está um dado problema...como você resolve isso?* (Sternberg, 1989)

Pensamento crítico-reflexivo: é um tipo particular de raciocínio que trata da reinterpretação contínua dos atos e das decisões anteriormente tomadas, buscando lacunas. Essa postura abre um espaço indispensável para formar pessoas conscientes de seu lugar e de seu papel no mundo.

O **hábito de priorizar perguntas**, mesmo que elas não tenham respostas, é uma das características mais marcantes de um pensador crítico.(...) O **inconformismo** é outro tópico que faz parte do pensamento crítico, já que analisar criticamente implica admitir que, por vezes, é útil, ou até necessário, mudar seu ponto de vista (FIA, 2000, grifos do original).

A tarefa docente não se limita apenas a “ensinar os conteúdos mas também ensinar a pensar certo” (Freire, 2003, p.14). Abandonar certas convicções é uma condição para se pensar de forma certa e ponderada (Freire, 2003): *é preciso pôr em dúvida nossas certezas*. Uma pessoa com capacidade de pensamento crítico-reflexivo examina atentamente as diferentes vertentes de um dado problema, sendo incapaz de tomar decisão sem dimensionar as implicações de cada alternativa. As visões sobre pensamento crítico e criativo ecoam na postura do próprio professor, que é obrigado a fazer perguntas melhores e a propor atividades mais complexas, criativas e interessantes aos alunos, o que transparece nos exemplos propostos por Sternberg (1989) (Tab. 1).

Tabela 1. Exemplos de pensamento crítico, criativo e prático em diferentes disciplinas. Fonte: Modif. De Sternberg (1989)

Disciplina	Pensamento crítico	Pensamento criativo	Pensamento prático
Biologia	Avalie a validade da teoria bacteriana para úlceras.	Projete um experimento para testar a teoria bacteriana para úlceras.	Como a teoria bacteriana para úlceras muda os tratamentos convencionais?
Matemática	Quando uma demonstração é fraca?	Prove com uma proposição criada por você!	Como a trigonometria é aplicada na construção de pontes?
História	Como os acontecimentos pós-Primeira Guerra Mundial levaram ao nazismo na Alemanha?	Como Truman poderia ter encorajado a rendição japonesa sem lançar a bomba atômica?	Que lições o nazismo ensina sobre o crescimento das forças políticas de direita no mundo contemporâneo?
Geologia	A atividade dos supervulcões representa uma real ameaça à vida na Terra?	Argumente se existe ou não alguma relação entre os supervulcões e a Tectônica de Placas.	Elabore uma lista de critérios para selecionar fontes seguras de dados sobre a atual distribuição de supervulcões.
Biologia e Geologia	A Biodiversidade é severamente impactada por um evento de extinção em massa de espécies?	Os geoparques são uma forma de se proteger a Biodiversidade e a Geodiversidade? Cite outros exemplos de ações com a mesma finalidade.	Explique quais as relações existentes entre Biodiversidade e Geodiversidade.

Guzzo & Lima (2018) propõem que os educadores transformem as salas de aula “em espaços de constante diálogo, investigação coletiva e intercâmbio de razões”. Os autores descrevem três categorias de vieses ou desvios cognitivos capazes de limitar ou prejudicar o desenvolvimento de pensamento crítico. São eles:

1. *Má calibragem epistêmica*: trata-se da dificuldade de calibrar pontos de vista, opiniões, crenças e decisões com base no melhor conhecimento disponível. O viés do excesso de confiança é um processo inconsciente que induz a pessoa a desconsiderar seu entendimento limitado de mundo, associado a certas intuições sobre mecanismos e fenômenos naturais, como “terremotos, cometas, arco-íris etc.” (Guzzo & Lima, 2018, p.5).

2. *Viés de confirmação*: é uma tendência inconsciente ou pouco consciente de se “procurar e encontrar evidências que confirmem crenças já existentes e ignorar ou reinterpretar evidências que não as confirmem” (Shermer, 2012, p. 274). Assim, dá-se pouca atenção a noções ou opiniões que se contraponham ou invalidem determinado ponto de vista que valorizamos.
3. *Raciocínio motivado*: são os mecanismos intelectuais empregados na tentativa de se proteger uma crença. Habilidades e disposições cognitivas são usadas nesse caso para obter conclusões que favoreçam o pertencimento a determinado grupo social e que possam estar de acordo com aquilo em em que, “por algum motivo, desejamos acreditar” (Guzzo & Lima, 2018, p.7).

A maior implicação dos vieses cognitivos ao pensamento crítico decorre do fato de oferecerem uma falsa ilusão de objetividade (Guzzo & Lima, 2018). Para apreciar todas as evidências relevantes antes de tomar posição sobre determinado assunto, somos obrigados a reanalisar nossas próprias ideias e impedir que vieses de confirmação contaminem o raciocínio. Nos espaços escolares propostos por Guzzo & Lima (2018), as Geociências podem ser pilares fundamentais para o desenvolvimento de pensamento crítico, conforme exemplos na Tabela 1.

Geociências na Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) estabeleceu cinco grandes áreas de conhecimento e definiu um conjunto de competências específicas, que se articulam em dez competências gerais. Cada área se organiza em componentes curriculares, que contribuem para aquisição das competências por parte do estudante. A BNCC não padronizou os “conhecimentos a serem tratados na escola, uma vez que cabe às unidades escolares a produção de seus projetos políticos pedagógicos” (Marcondes, 2018, p.270), mas mudou amplamente as normas educacionais. A influência da BNCC afeta os currículos, a formação inicial e continuada dos educadores, a produção de materiais didáticos, as matrizes de avaliação e os exames nacionais. O conhecimento geocientífico permanece disperso nos componentes curriculares, pois a BNCC não concedeu *status* de disciplina às Ciências da Terra (Ernesto et al., 2018). Esse fator “compromete a sua aprendizagem e,

consequentemente, a alfabetização geocientífica” (Ponte & Piranha, 2020, Ernesto et al., 2018).

Ponte & Piranha (2020) examinam pormenorizadamente os currículos oficiais do Estado de São Paulo, para identificar tópicos relacionados às Geociências (Tab. 2) (São Paulo, 2012a, 2012b). Cada tópico é relacionado aos conceitos necessários para se promover efetiva alfabetização em Ciências da Terra, com apoio nos seguintes documentos: *Earth Science Literacy* (Wysession et al., 2010), *Alfabetización en Ciencias da Tierra* (Pedrinaci et al., 2013) e *Internacional Geoscience Syllabus* (King, 2014). Embora os currículos oficiais sejam antigos e anteriores à BNCC tratada no parágrafo anterior, a análise esboça um quadro notável. Os autores concluem que, dentre os 209 (duzentos e nove) tópicos identificados, 119 (cento e dezenove) constam como conteúdos, e 90 (noventa) como habilidades.

O caráter interdisciplinar das Ciências da Terra se revela pela presença em disciplinas como Ciências, Geografia, Biologia, Química e Física (Ponte & Piranha, 2020), mas a desorganização do saber impede um ensino eficaz e uma aprendizagem adequada das Ciências da Terra (Barbosa, 2003). Tais fatores agravam o quadro crônico de “analfabetismo geocientífico” e convergem para desvalorizar e degradar em nosso meio “o patrimônio natural, sobretudo geológico” (Ponte & Piranha, 2020, p.11).

Tabela 2. Tópicos curriculares afins às Ciências da Terra presentes no Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Fonte: Baseado em Ponte & Piranha (2020).
Fonte de dados: São Paulo (2012a, 2012b)

As Ciências da Terra no Ensino Fundamental	As Ciências da Terra no Ensino Médio
Terra como um Sistema	Terra como um sistema
Tempo Geológico	Tempo Geológico
Terra como integrante do Sistema Solar	Origem do Universo, do Sistema Solar e da Terra
Estrutura da Terra	Terra como integrante do Sistema Solar
Geosfera	Geosfera
Hidrosfera	Hidrosfera
Atmosfera	Atmosfera
Biosfera	Biosfera
Uso dos recursos naturais	Uso dos recursos naturais
Impactos antrópicos	Riscos e desastres ambientais

As Geociências são parte integrante do ensino de Ciências

As limitações de acesso das pessoas comuns ao conhecimento e o seu distanciamento cognitivo e sensorial do meio em que vivem impedem que muitos problemas ambientais sejam reconhecidos pela comunidade (Lestinge & Sorrentino, 2008). O pensamento crítico e criativo pode contribuir para que os atores envolvidos percebam a realidade socioambiental e a paisagem, cujo pano de fundo reside nas Geociências. Os sujeitos precisam olhar, ouvir, sentir, refletir, pensar e participar para depois estabelecer uma relação de pertencimento e definir corresponsabilidades perante as questões socioambientais contemporâneas (Lestinge & Sorrentino, 2008).

Presencia-se, no início do século XXI, uma relação desigual, conflitante e ameaçadora entre o ser humano e a natureza, pois o que ainda prevalece é uma visão mercantilista e insustentável sobre os recursos não renováveis que são explorados e usados como se fossem fontes inesgotáveis que servem à demanda crescente de energia e de bens de consumo (Lestinge & Sorrentino, 2008, p.602).

Nascimento et al. (2008) argumentam que, na Terra, se não existisse geodiversidade, não haveria biodiversidade. Fazem uma comparação com uma peça teatral, na qual os elementos bióticos e abióticos são os atores e o palco é formado pelo mundo inanimado:

Professores que lidam com temas relacionados à biodiversidade podem explorar uma analogia que compara os elementos bióticos e abióticos aos atores e ao palco de uma peça teatral: os atores correspondem aos elementos bióticos, vivos, enquanto o palco representa a geodiversidade, composta por elementos abióticos, inanimados. O palco é indispensável para que o espetáculo aconteça (Nascimento et al., 2008).

O conhecimento nacional de Geociências, quando associado a iniciativas que aproximem estudantes e professores da realidade local, pode favorecer um pensamento crítico e criativo na educação básica a respeito de temas complexos.

Geociências, Tecnologias Digitais (TD) e questões de currículo

Como vimos, as Geociências aparecem *dispersas* nos conteúdos de diferentes disciplinas. *Estariam portanto fracamente representadas no currículo?*

O currículo resulta de uma rede complexa de interações, envolvendo o processo de educação em si mesmo: o conhecimento, os conteúdos, o uso das tecnologias digitais e os procedimentos didáticos; estes últimos determinam a organização espacial e temporal do trabalho de professores e estudantes (Gimeno Sacristán, 2000, Macedo, 2004). Percepções sobre currículo interferem nas possibilidades de êxito ou fracasso de iniciativas inovadoras. Uma vez que o currículo depende de escolhas sociais e ideológicas feitas em diferentes instâncias, ele contribui para definir as expectativas da sociedade em relação ao ensino e à aprendizagem.

O debate sobre currículos se expressa na relação entre o que se ensina e o que se aprende na escola. As Tecnologias Digitais (TD) permitem difundir conhecimentos sobre os processos naturais e sobre a dinâmica do planeta, sendo decisivas na substituição do “Paradigma do Ensino” pelo “Paradigma da Aprendizagem” (Barr & Tagg, 1995). No processo, emergem alternativas eficazes de aprendizagem, reforçando a visão de que as universidades se destinam “a produzir aprendizagem” (Barr & Tagg, 1995). Para expressar a dimensão tácita das TC no ensino das Geociências sabemos ser impossível “simular” uma experiência de campo, pois “a aprendizagem depende da experiência pessoal, ou do simples fato de se ‘estar’ no campo” (Barbosa, 2013). A preocupação de se desenvolver trabalhos de campo com professores é respaldada por Mattauer (2007): para renovar o ensino de Ciências no ensino médio, “nada mais deveria ser feito sem passar pelo concreto, sem as pedras, sem as expedições em campo, sem medidas, sem experiências simples” (Mattauer, 2007, p.82).

O currículo é classificado de várias formas: currículo em rede, currículo em árvore, currículo produto e currículo processo, dentre outros. Moreira & Candau (2007) conceituam currículo como uma rede intrincada de: (a) conteúdos a serem ensinados e aprendidos; (b) experiências de aprendizagem escolares a serem vividas pelos estudantes; (c) planos pedagógicos elaborados por professores, escolas e sistemas educacionais; (d) objetivos a serem alcançados por meio do processo de ensino; (e) processos de avaliação, que acabam influenciando nos conteúdos e nos procedimentos selecionados para os diferentes graus de escolarização.

Gimeno Sacristán (2000) descreve uma cadeia de transformações de diferentes instâncias do currículo, desde uma representação formal

oriunda dos órgãos gestores da educação até o momento final, de avaliação do aluno, do professor e de todo o processo. São os currículos denominados: prescrito; apresentado; modelado; em ação; realizado e avaliado. A disposição das diferentes instâncias do currículo (Fig. 1) oferece uma boa ideia das forças que interferem nas inovações educacionais e dos desafios de superação que os projetos inovadores devem enfrentar.

No topo da hierarquia está o **currículo prescrito** (Fig. 1), fruto das relações sociais e da significação social. É o currículo que prescreve conteúdos e habilidades em relação à escolaridade obrigatória no sentido de unificar o sistema de ensino. Concentra as referências primárias na ordenação do sistema escolar, que servem de ponto de partida para a produção de materiais, referencial jurídico, organização do trabalho dos professores etc. Frequentemente, a versão do currículo prescrito toma a forma de um guia curricular que lista disciplinas e conteúdos a serem abordados em cada série e é confundido com o currículo em si, espécie de **currículo-produto**.

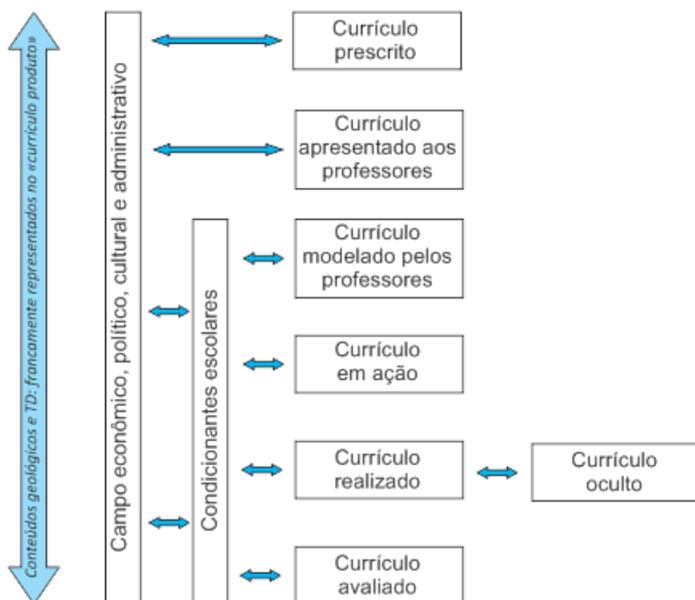


Figura 1. Relação entre instâncias de currículo (adaptado de Gimeno Sacristán, 2000)

Macedo (2004) assinala que a relação de quase identidade entre currículo e listagem de conteúdos e ou habilidades tem implicações na forma de conceber a sociedade, a escola e o próprio conhecimento. O ato de simplesmente justapor conteúdos exclui o processo de produção sociocultural que se estabelece no cotidiano da escola, em nome de um guia curricular. As TD, por outro lado, motivam prescrições um tanto vagas, associadas ora à ideia de que seriam capazes de produzir um incremento nos métodos associados às disciplinas tradicionais, ora, com menor segurança, à ideia de que elas viabilizam novas oportunidades de aprendizado, conforme observamos em Tornaghi et al. (2010).

Depondo contra a rigidez de um currículo “produto” (guia curricular) mas talvez a favor de um currículo “processo”, o novo cenário que as TD condicionam no ensino abalaria a ideia que se tem de curso e mesmo de currículo, pois o que se necessita aprender não poderia ser planejado por terceiros nem teria definição apriorística de um curso a realizar:

No lugar de uma representação em escalas lineares e paralelas, em pirâmides estruturadas em níveis, organizadas pela noção de pré-requisitos e convergindo para saberes superiores, a partir de agora devemos preferir a imagem de espaços de conhecimento emergentes, abertos, contínuos, em fluxo, não lineares (Lévy, 1999, p.158).

Em uma camada subjacente ao currículo prescrito, figura o **currículo apresentado aos professores** (Fig. 1), espécie de tradução do anterior (prescrito), cujo exemplo maior está no livro texto, mas que pode aparecer em outros materiais, tais como guias e materiais de apoio em diferentes suportes, inclusive digitais. Há tempos, Fracalanza et al. (1986) apontaram que os livros didáticos continuam sendo a principal fonte de consulta e planejamento para o professor, no ensino de ciências. Poucos temas de Geologia são ofertados diretamente a professores nos livros de Geografia e Biologia, Química ou Física, até mesmo porque seus conteúdos estão, muitas vezes, dispersos nessas obras.

Descendo ainda na hierarquia proposta por Gimeno Sacristán (2000), o **currículo moldado pelos professores** (Fig. 1) traduz-se basicamente em planos de ensino que podem ser elaborados de forma individual ou coletiva. Para o autor, nenhuma tentativa de inovação curricular ou pedagógica poderia ignorar o crivo da interpretação dos profissionais de ensino, uma vez que a adoção da inovação jamais será

pura ou direta, mas envolverá um processo dialético entre as significações prévias do professor e as das novas propostas.

Na aplicação prática, o **currículo em ação** (Fig. 1) dá um significado real do que as propostas curriculares representam para o professor. A ação do professor depende do grau de autonomia dos professores e de outras variáveis condicionantes da ação docente na escola e se traduz em um vasto leque de práticas do professor. Um professor de Ciências, Biologia, Geografia ou Física que pretenda abordar conteúdos de Geologia com seus estudantes precisa buscar motivações profissionais extras pois tais conteúdos pouco aparecem na prescrição curricular, principalmente depois da implantação da BNCC (Brasil, 2018), e estão pobremente representados nos livros. O quadro aumenta a dificuldade de modelar tal conhecimento em planos de ensino, a ser desenvolvidos junto aos estudantes. Entretanto, quando as condições são favoráveis e novas articulações entre diferentes conhecimentos emergem, por exemplo, por meio de projetos didáticos em parceria com universidades, o trabalho relacionado a questões ambientais e geológicas proporciona imenso ganho educacional, levando à melhor compreensão do entorno da escola e do local onde os estudantes residem. Essas ações se refletem no aprimoramento da noção de cidadania (Cracel, 2011, Lima, 2013, Piranha, 2006), e contribuem para fortalecimento e desenvolvimento econômico e social das comunidades (Ponte, Camargo & Piranha, 2024).

Nesse sentido, as TD potencializam a forma como o professor “executa” o currículo por meio de georreferenciamento, modelos digitais, redes sociais e outros ambientes, bem como recursos que possam, a um só tempo, facilitar ou condicionar projetos inovadores.

O **currículo realizado** pelo professor (Fig. 1) produz efeitos cognitivo, afetivo, social, moral e na forma de socialização profissional, ambiente social e familiar. Ao lado dessas categorias, Gimeno Sacristán (2000) elenca também o **currículo oculto** como parte dos efeitos alcançados na escola e que não estão explicitados nos planos e nas propostas, mas que são ensinados aos estudantes por meio de normas, hábitos, modelos e tradições. Na escola, os estudantes são submetidos durante anos a regras e modelos nos quais há pouco estímulo para questionamento dos métodos e insuficiente clareza quanto aos objetivos das atividades que realizam. O aluno internaliza que a aceitação passiva é mais desejável do que, por exemplo, a crítica ativa. Indo além, pode-se até mesmo conjecturar que a postura passiva de muitos estudantes e o consequente desinteresse pelos estudos resultem da percepção de ser

mais conveniente deixar de lado a curiosidade, a criatividade e o espírito crítico para não conflitar com as regras tácitas da escola, que muitas vezes se apoiam na passividade e na resignação (Moreira, 2006, Apple, 2006).

Finalmente, na base da hierarquia da classificação de Gimeno Sacristán (2000) está o **currículo avaliado** (Fig. 1), na forma de imposição de critérios para avaliar o ensino do professor e a aprendizagem dos estudantes, o que certamente tem o efeito de ressaltar aspectos do currículo em detrimento de outros. Neste âmbito muitas vezes a avaliação do currículo segue caminhos tortuosos. Para Macedo (2004), avaliações como o SAEB e o próprio vestibular determinam padrões que indiretamente controlam o desenvolvimento do currículo e que acabam por direcionar a aplicação do próprio currículo. Evidentemente, a grande distorção reside em ensinar para o teste em lugar dos conteúdos, habilidades e competências previstas. A desvalorização dos conteúdos geológicos nos currículos é um duro golpe para os estudantes, que são obrigados a ter acesso a eles para obter bons resultados nos vestibulares e nos exames nacionais do ensino médio. Como se sabe, as questões de prova muitas vezes focalizam temas contemporâneos relacionados às Geociências.

As categorias de Gimeno Sacristán (2000) possibilitam balizar os papéis da Geologia, das Geociências e das TD na escola e ajudam a identificar suas potencialidades. Como vimos, o aproveitamento das Geociências no ensino-aprendizagem e nas TD depende de alternativas de articulação do currículo que extrapolem o “currículo-produto”. A busca por mecanismos de “currículo-processo” ampliará as possibilidades de novos arranjos, uma vez que a aprendizagem demanda hoje um “pluralismo” de alternativas metodológicas que se manifestam, se ampliam e se fortalecem com as oportunidades oriundas das TD e da Internet.

Material didático de Geociências para estimular pensamento crítico-criativo

A abordagem dinâmica de Ciência do Sistema Terra permite selecionar qualquer tema geocientífico como ponto de partida e conectar-se, gradualmente, com outros temas relacionados. Selecionamos duas propostas de atividades apoiadas em conteúdos geocientíficos capazes de exemplificar o uso prático de problemas reais para o desenvolvimento do pensamento crítico-criativo; **são elas:**

1. *Proteção ambiental versus interferência humana*: o exemplo descreve um tópico relacionado a dunas urbanas na região nordeste brasileira. Os participantes são convidados a optar entre uma proteção ambiental severa ou a continuidade da interferência humana no ambiente.
2. *Conservação de solos e modos de se evitar erosão acelerada*: o estudo de solos é fundamental para se desenvolver consciência sobre sua utilidade na produção de alimentos e fibras, sua importância no equilíbrio dos ecossistemas e também como matéria-prima para construção de estradas, edifícios e cidades (Lima & Campos, 2022). A educação é essencial para que todos compreendam a importância do solo e reexaminem seus valores, atitudes e práticas.

Questões ambientais assumem papel decisivo e inédito no debate educacional:

Em um mundo caracterizado por mudanças contínuas em várias esferas da sociedade e um enorme contingente de informações, é necessário ensinar os estudantes a lidarem com esse progresso, pois os conhecimentos exigidos estão se alterando continuamente e não podemos prever quais deles serão necessários no futuro (Cher et al., 2023, p.4).

As propostas a seguir indicam que os projetos integradores podem ser caminhos para tratamentos interdisciplinares que levem em conta a contribuição das Geociências, sempre que a abordagem pedagógica estiver mais fundamentada na pesquisa do que na aula – como, por exemplo, em uma investigação prática a partir de situações-problema.

Proposta 1: Atividade sobre proteção ambiental versus interferência humana

Às vezes a escola trata determinadas questões sobre meio ambiente sem evidenciar os conflitos potenciais entre os atores envolvidos ou sem situar o *caráter interdisciplinar* do debate ambiental.

Nesta proposta, que contrapõe visões antagônicas sobre proteção ambiental *versus* interferência humana, sugerimos apresentar com clareza uma dada situação e pedir que os estudantes explicitem as razões e os caminhos pelos quais chegaram a determinados pontos de vista.

Passo 1. Sugere-se que o professor fomente um debate com a afirmação de Silvio Lemos Meira (2003):

Nossa relação com o ambiente tem sido de amor ou ódio. Uns, destroem sem pensar. Outros, preservam sem pensar. Dia desses, estive numa conversa sobre a “preservação” de um conjunto de dunas, o que era para ser entendido como estabilização das ditas. Ora, se dunas são coisas móveis por excelência, paralisá-las, por conseguinte, é interferir destrutivamente no meio. Mas o que se queria, de fato, era “preservar” uma beleza natural criada por um conjunto de dunas que havia chegado até o lugar onde estavam (...).

Passo 2. O exemplo escolhido permite ao menos duas posições antagônicas. Em ambos os casos é preciso dispor de conhecimento mínimo sobre como ocorre na natureza o transporte de materiais no ciclo das rochas. O exemplo citado trata da movimentação de areia pelo vento, durante o deslocamento de dunas próximas a áreas urbanas (Fig. 1). Um grupo de alunos pode optar pela continuação da interferência humana indevida no ambiente (grupo A), enquanto outra parcela pode optar por uma proteção ambiental mais severa e restritiva (grupo B). Pode-se abrir um debate para que todos exponham brevemente argumentos a favor de (A), (B) ou, eventualmente, uma alternativa intermediária (C) ou mais radical (D), como a proibição de qualquer ação humana em áreas de dunas.



Figura 1. Deslocamento de dunas de areia devido à movimentação do vento, nas proximidades de área urbana. Para ter uma ideia das dimensões (escala) das dunas, convém saber que na parte superior da duna de fundo, os pontinhos pretos são um veículo e algumas pessoas. Praia de Genipabu, Natal, RN.

Foto C. D. R. Carneiro, 1999

Passo 3. Em seguida, o professor pode pedir que um grupo de alunos explique como é a dinâmica das dunas de areia na natureza. O principal agente de transformação nesse caso é a ação do vento. Pode-se pedir que eles identifiquem quais são os campos da Ciência envolvidos nos estudos e justifiquem as respostas.

Passo 4. O professor pode pedir que cada grupo mude de postura e defenda precisamente a proposta da qual discordou na rodada anterior. A reversão de posições estimulará os alunos a refletir sobre as ideias que aceitaram originalmente e abrirá a possibilidade de modificá-las, fortalecê-las ou até mesmo refutá-las. A mudança de pontos de vista pressupõe um descolamento e uma revisão da postura inicial; a experiência contribui para formar uma visão crítica da ação humana diante dos processos terrestres.

Passo 5. Os caminhos, a partir deste ponto, são numerosos, mas é importante explorar a ideia de que, embora a tendência de expansão das cidades seja algo inevitável, devem existir certos limites, para não comprometer a qualidade de vida da população.

Passo 6. Nesse momento, o professor pode pedir que interpretem e se posicionem sobre a afirmativa:

A cidade precisa encontrar um modo de conciliar o crescimento da população, para evitar o surgimento de novas pressões imobiliárias em uma região ocupada ou ameaçada por dunas.

Passo 7. *Objetivos e avaliação*: depois de desenvolver atividades baseadas nas sugestões acima, espera-se que o estudante seja capaz de: (1) descrever o funcionamento e os mecanismos de transporte de materiais no ciclo das rochas e (2) perceber de que maneira as sociedades humanas alteram, contribuem para a degradação e causam problemas críticos no funcionamento do ciclo.

O caso exemplar das dunas pode se estender para a questão das perdas anuais de solos devido a fenômenos de erosão acelerada (ver Proposta 2). As barreiras e desafios para o estudo do solo se estendem a outros conceitos igualmente abrangentes e atuais. Torna-se crítico enfrentar o desafio da “abordagem incipiente, instrumentalizada, estática e tradicional, que não traz motivações e impede o sentimento de pertencimento do aluno, pois é visto como algo exterior à sua prática cotidiana” (Lima & Campos, 2022, p.8).

Proposta 2: Atividade sobre proteção de solos contra a erosão acelerada

A educação científica é essencial para que se compreenda a importância dos solos para a vida humana. Não se trata somente de enfatizar sua utilidade na produção de alimentos e fibras, mas de desenvolver uma consciência sobre seu papel na conservação e no equilíbrio dos ecossistemas (Lima & Campos, 2022) e como matéria-prima para construção de estradas, edifícios e cidades.

Na medida em que esse componente da paisagem é severamente ameaçado por mecanismos de erosão acelerada, é preciso que todos reexaminem posturas e passem a valorizar valores, atitudes e práticas humanas voltadas para sua utilização e sua proteção. Nesse caso se pode salientar que o tema possui desdobramentos na questão das escalas de tempo: Tempo Geológico e Tempo Humano, que são abordadas por Martins & Carneiro (2023), nesta mesma série. O professor pode convidar os estudantes a explorar diferentes aspectos dos solos e pedir que expliquem o que são solos e quais são as principais ameaças existentes no território brasileiro.

Passo 1. Iniciar debate. Sugere-se que o professor inicie um debate com a afirmação de Lima & Campos (2022):

(...) a melhoria da qualidade do ensino de solos no Ensino Fundamental poderia aumentar a consciência ambiental dos estudantes em relação a este recurso natural, o que não resolve o problema da degradação, mas traria possibilidades para transformar essa realidade (Lima, 2005). Isso vem de encontro com o objetivo da Educação Básica que reconhece que a “educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para preservação da natureza” (Brasil, 2018).

Passo 2. Fortalecer debate. O professor pode estimular o debate a partir de duas posições antagônicas, pedindo que um grupo de alunos reúna argumentos para demonstrar que não existe qualquer interferência humana capaz de levar à perda de solos (A), enquanto outra parcela precisará reunir informações que comprovem que a erosão acelerada é de fato um grave desafio nacional (B). Pode-se abrir um debate para que todos exponham brevemente

argumentos a favor de (A), (B) ou, eventualmente, uma terceira alternativa (C).

Passo 3. *Questionar os alunos.* Em seguida, o professor pode pedir que os alunos expliquem como se formam os solos na natureza. Quais seriam os agentes que transformam rochas compactas em solos? Pode-se pedir que identifiquem quais são os campos da Ciência envolvidos nos estudos e justifiquem as respostas.

Passo 4. *Estimular os alunos a pesquisar.* Pode-se pedir que os alunos pesquisem sobre erosão acelerada (Fig. 2) e quais os motivos pelos quais a perda de solos representa prejuízos para a agricultura.



Figura 2. Efeitos de erosão acelerada em camadas arenosas e argilosas da bacia de Taubaté, nas proximidades da cidade de Jacareí, SP. O processo se desencadeou devido à ação humana que removeu os horizontes superficiais de solo. Estes, de certo modo, “protegem” da erosão os horizontes mais profundos.

Foto C. D. R. Carneiro, 1998

Passo 5. *Questionar os alunos.* Pode-se pedir que os alunos expliquem de que maneira os solos podem ser um produto da atividade humana, conforme referido na passagem abaixo, e justifiquem as respostas.

(...) dentre os diferentes processos exógenos atuantes sobre o componente solo, sem dúvida, aqueles relacionados à atividade humana têm promovido intensas alterações na paisagem (urbanização, expansão agrícola, mineração, erosão, aterramentos

etc.), modificando, alterando e introduzindo materiais artificiais. Na perspectiva dos processos antrópicos o solo não é um corpo natural, mas um produto da atividade humana, que apresenta potencial agrícola, paisagista e para ser usado em obras de engenharia (Lima & Campos, 2022, p.03).

Passo 6. *Promover mudança de perspectiva.* O professor pode pedir que os grupos mudem de posição e defendam precisamente a proposta da qual discordaram na rodada anterior. A reversão de posições os estimulará a refletir sobre as ideias que aceitaram originalmente e abrirá a possibilidade de modificá-las, fortalecê-las ou até mesmo refutá-las.

Passo 7. *Objetivos e avaliação:* depois de o professor desenvolver suas aulas baseadas nas ideias e sugestões acima, espera-se que o estudante seja capaz de: (1) descrever o funcionamento do ciclo das rochas e os mecanismos de formação de solos e (2) perceber de que maneira as sociedades humanas alteram os ciclos naturais, contribuem para a degradação de solos e causam problemas críticos no funcionamento do ciclo.

Conclusões

O desenvolvimento de pensamento crítico depende de certas habilidades cognitivas e de atitude que integram os objetivos fundamentais da Educação. São habilidades muito valorizadas na formação do estudante na era digital, podendo ser classificadas nas categorias de pensamento crítico, criativo, prático e crítico-reflexivo.

A aplicação dos conhecimentos geocientíficos por meio de atividades vinculadas à realidade local e regional parece ser o salto necessário para atrair a atenção dos alunos e valorizar o trabalho dos professores, uma vez que as atividades práticas conciliam o desenvolvimento de criatividade, capacidade de análise e pensamento crítico. Um exame das diversas categorias de currículo (prescrito; apresentado; modelado; em ação; realizado; oculto; avaliado) possibilita identificar pontos de inserção e de maior afinidade das Geociências com a escola básica, e que podem motivar e envolver alunos e professores. O material didático fornecido, apesar de simples, pode servir de modelo para novos aprofundamentos.

As Geociências, por suas próprias características calcadas na realidade e em função de exigirem alta capacidade de abstração, imaginação e linguagem visual etc., propiciam situações ricas para formentar um aprendizado ativo e, ao mesmo tempo, desenvolver pensamento crítico e criativo. A fragmentação é porém um grave obstáculo para a aprendizagem, já que os tópicos de Geociências estão dispersos na educação básica, conforme salientado por vários autores.

Ideias relevantes do Capítulo

- O desenvolvimento das habilidades humanas ligadas à criatividade, à capacidade de análise e ao pensamento crítico está ameaçado nas escolas, em plena era digital, apesar de serem as mais valorizadas para a formação do estudante.
- Recursos tecnológicos, cada vez mais presentes na cultura dos jovens, romperam a tradição escolar, deslocando a transmissão de conteúdos (de quem sabe para quem não sabe) para um contexto em que o interesse do aluno orienta a descoberta, a colaboração, a autonomia e a responsabilidade pelo próprio aprendizado.
- O desenvolvimento de pensamento crítico depende de certas habilidades cognitivas e de atitude que fazem parte dos objetivos fundamentais da educação.
- Ciência do Sistema Terra é o campo do conhecimento humano que estuda a interação cíclica entre os processos naturais e a atividade biológica, envolvendo grande diversidade de escalas de tempo e de espaço.
- Apresentam-se dois exemplos de abordagem das Geociências para desenvolvimento de pensamento crítico nas escolas. Embora seja uma área do conhecimento fundamental para o processo, não é privilegiada pela legislação em vigor.
- Três tipos de vieses cognitivos podem interferir no desenvolvimento de pensamento crítico: a dificuldade de calibrar opiniões, crenças e decisões de acordo com o melhor conhecimento disponível (má calibragem epistêmica), a tendência de buscar evidências que confirmem crenças já existentes (viés de confirmação) e a tentativa de proteger uma crença (raciocínio motivado).

- As instâncias do currículo (prescrito; apresentado; modelado; em ação; realizado; oculto; avaliado) sofrem sucessivas transformações por parte dos gestores; elas orientam a avaliação, tanto do aluno quanto do professor.
- O moderno conhecimento nacional de Geociências, quando associado a iniciativas que aproximem estudantes e professores da realidade local, pode favorecer um pensamento crítico e criativo na educação básica a respeito de temas complexos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por bolsas de iniciação científica concedidas a alunos de graduação participantes de diversas pesquisas e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por bolsas de mestrado e doutorado concedidas a seus orientados. Os autores também agradecem os comentários críticos e sugestões valiosas da Profa. Dra. Gleise Regina Bertolazi dos Santos, que permitiram aprimorar o manuscrito.

Referências

- Aoun, J. E. Robot Proof. (2017). *Higher Education in the Age of Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bacci, D. C., Oliveira, L. & Pommer, C. (2009). Contribuição da abordagem geocientífica no ensino fundamental: tempo geológico, origem do petróleo e mudanças ambientais. Barcelona, *Enseñanza de las Ciencias*, (n. ext.), 3459-3463. URL: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2009nEXTRA/edlc_a2009nExtrap3447.pdf. Acesso 30.11.2023.
- Barbosa, R. (2003). *Projeto Geo-Escola: recursos computacionais de apoio ao ensino de Geociências nos níveis fundamental e médio*. Campinas: Inst. Geoc., Univ. Est. Campinas. 105p. (Mestrado, dissertação em Geociências). URL: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2003.288019>.
- Barbosa, R. (2013). *Projeto Geo-Escola: Geociências para uma escola inovadora*. Campinas: Inst. Geoc., Univ. Est. Campinas. 182p. (Tese Dout. em Ensino e História de Ciências da Terra). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2013.920387>.
- Barr, R. B., & Tagg, J. (1995). From Teaching to Learning: A New Paradigm for Undergraduate Education. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 27, 13-25. DOI: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00091383.1995.10544672>.
- Bates, A. W. (2019). *Teaching in a Digital Age. Guidelines for designing teaching and learning*. 2 ed. Vancouver, BC: Tony Bates Associates. URL: <https://>

- pressbooks.bccampus.ca/teachinginadigitalagev2/. Acesso 30.11.2023.
- Bonito, J., Rebelo, D., Morgado, M., Monteiro, G., Medina, J., Marques, L., & Martins, L. (2011). O Tempo Geológico e a aprendizagem da Geologia: da complexidade da temática às concepções de alunos portugueses do 7.º ano do ensino básico (12-13 anos). *Terræ Didactica*, 7(2), 81-92. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/td.v7i2.8637431>.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, Consed, Undime. 651p. URL: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso 30.11.2023.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., Amendola, D. F., & Barbosa, I. N. B. C. (2022). Two decades of learning in the Geo-School Project: a journey for including Geosciences at schools. *Ciência & Educação (Bauri)*, 28. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320220007>.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., Imbernon, R. A. L., Basileci, G., & Gonçalves, P. W. (2020). As Geociências na Educação Básica e o Programa de Ensino e História de Ciências da Terra da Unicamp. In: Reis, F. A. G. V., Kuhn, C. E. S., Carneiro, C. D. R., Wunder, E., Boggiani, P. C., & Machado, F. B. (Orgs.). (2020). *Ensino e Competências Profissionais na Geologia*. Jaticabal: Ed. Funep. p. 79-98. (Cap. 5). (ISBN 978-65-5671-020-4).
- Carneiro, C. D. R., Toledo, M. C. M. de, & Almeida, F. F. M. de. (2004). Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4), 553-560. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2004344553560>.
- Cher, G. G., Silveira, M. P. da, & Passos, M. M. (2023). Indicadores de mobilização de capacidades do pensamento crítico em estudantes do Ensino Médio. *Ciênc. educ. (Bauri)*, 29, e23022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320230022>.
- Cracel, V. L. (2011). *A importância do mapa na construção de conhecimentos cartográficos: uma análise a partir da perspectiva histórico-cultural*. Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. (Dissert. Mestrado Geografia).
- Darnton, R. (2010). *A questão dos livros: presente, passado e futuro*. Trad. Daniel Pellizari. São Paulo: Companhia das Letras. 231p.
- Ernesto, M., Cordani, U. G., Carneiro, C. D. R., Dias, M. A. S., Mendonça, C. A., & Braga, E. S. (2018). Perspectivas do ensino de Geociências. *Estudos Avançados*, 32(94), 331-343. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0021>.
- Fracalanza, H, Amaral, I.A. do, & Gouveia, M.S.F. (1986). *O Ensino de Ciências no Primeiro Grau*. São Paulo: Atual.
- Freire, P. (2003). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 27 ed. São Paulo: Paz e Terra. URL: http://www.apeoesp.org.br/sistema/ck/files/4-%20Freire_P_%20Pedagogia%20da%20autonomia.pdf. Acesso 30.11.2023.
- Fundação Instituto de Administração (FIA). (2020). *Pensamento Crítico: o que é, para que serve e como desenvolver*. São Paulo: Blog FIA. URL: <https://fia.com.br/blog/pensamento-critico/>. Acesso 30.11.2023.
- Gimeno Sacristán, J. (2000). *O Currículo, uma reflexão sobre a prática*. Porto Alegre: Ed. Artmed.
- Guzzo, G. B., & Lima, V. M. R. (2018). *O exercício do pensamento crítico em*

- face dos vieses cognitivos*. In: Anais do X Congresso Iberoamericano de Docencia Universitaria, 2018, Porto Alegre: X CIDU. URL: http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/15072/2/O_EXERCICIO_DO_PENSAMENTO_CRITICO_EM_FACE_DOS_VIESES_COGNITIVOS.pdf. Acesso 30.11.2023.
- Harari, Y. N. (2018). *21 lessons for the 21st century*. New York: Spiegel & Grau.
- Harari, Y. N. (2018). *21 lições para o século 21*. Trad. Paulo Geiger. São Paulo: Companhia das Letras.
- King, C. (2008). Geoscience education: an overview. *Studies on Science Education*, 44(2), 187-222. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057260802264289>.
- Lestinge, S., & Sorrentino, M. (2008). As contribuições a partir do olhar atento: estudos do meio e a educação para a vida. *Ciência & Educação*, 14(3), 601-619. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000300015>.
- Lévy, P. (1999). *Cibercultura*. São Paulo: Ed. 34.
- Lima, A. T. F. (2013). *O conhecimento socioambiental local como estratégia de valorização do lugar : Projeto Geo-Escola em Cajamar, SP*. Campinas: Inst. Geoc. Univ. Est. Campinas. (Dissert. Mestr. Ensino e História de Ciências da Terra). URL: <https://doi.org/10.47749/T/Unicamp.2013.907961>.
- Lima, J. S., & Campos, A. B. de. (2022). O conteúdo solos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do ensino fundamental: uma análise crítica. *Terra Didática*, 18(Publ. Contínua), 1-10, e022025. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v18i00.8668676>.
- Lima, M. R. de. (2005). O solo no ensino de ciências no nível fundamental. *Ciência & Educação (Bauru)*, 11(3). DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000300004>.
- Macedo, E. (2004). *Criar currículo no cotidiano*. São Paulo: Cortez.
- Marcondes, M. E. R. (2018). As Ciências da Natureza nas 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular. *Estudos Avançados, USP*, 32(94), 269-284. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0018>.
- Martins, J. R. S., & Carneiro, C. D. R. (2023). Como conceber os imensos intervalos do Tempo Geológico? Desvendando a história da Terra. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 1-32. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Mattauer, M. (2007). É possível ensinar a física moderna? In: Morin, E. (2007). *A religião dos saberes: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Mattos, L. (2023). Escolas adotam inteligência artificial para ajudar aluno a escrever redação. *Folha S. Paulo*, 15.02.2023. (Educação). URL: <https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2023/02/escolas-adotam-inteligencia-artificial-para-ajudar-aluno-a-escrever-redacao.shtml>. Acesso 30.11.2023.
- Meira, S. L. (2003). Um mundo feito (quase completamente) de software. *Ciência e Cultura*, 55(2), 24-28. URL: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000200020. Acesso 30.11.2023.
- Moran, J. M. (2013). Desafios que as tecnologias digitais nos trazem. In: Moran, J. M. (2013). *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*. 21 ed.

- São Paulo: Papyrus Ed. p. 30-35. URL: https://moran.eca.usp.br/textos/tecnologias_eduacao/desaf_int.pdf. Acesso 30.11.2023.
- Nascimento, M. A. L., Ruchkys, U. A., & Mantesso-Neto, V. (2008). *Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para proteção do patrimônio geológico*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia. 82p.
- Pedrinaci, E., Santiago, A., Pedro, A., Almodóvar, G. R., Barrera, J. L., Belmonte, A., Brusi, D., ... & Roquero, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), p. 117-129. URL: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/274145/362238>. Acesso 30.11.2023.
- Piranha, J. M. (2006). *O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade: o Projeto Geo-Escola em São José do Rio Preto, SP*. Campinas: Inst. Geoc., Unicamp. 222p. (Tese Dout. Geoc.). URL: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287233>.
- Ponte, M. L. da, & Piranha, J. M. (2020). As Ciências da Terra no currículo do Estado de São Paulo: uma abordagem reflexiva. *Terra Didática*, 16, 1-13, e020005. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8656550>.
- Ponte, M. L. da, Camargo, R. P. de & Piranha, J. M. (2023). Práticas pedagógicas e interativas para aprendizagem de Ciências da Terra em ambientes externos à sala de aula. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 239-264. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Rodrigues, M. M. (2008). *Educação ao longo da vida: a eterna obsolescência humana*. Florianópolis, UFSC. 135p. (Tese Dout. Curso Pós-Graduação em Educação). URL: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92064>. Acesso 18.09.2023.
- São Paulo (Estado). (2012a). *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. São Paulo: Secretaria de Educação.
- São Paulo (Estado). (2012b). *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências Humanas e suas tecnologias*. São Paulo: Secretaria de Educação.
- Shermer, M. (2012). *Cérebro & crença: de fantasmas a deuses e à política e às conspirações, como nosso cérebro constrói nossas crenças e as transforma em verdades*. São Paulo: JSN.
- Shiple, T. F., Tikoff, B. Ormand, C. & Manduca, C. (2013). Structural geology practice and learning, from the perspective of cognitive science. *Journal of Structural Geology*, 54, 72-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2013.07.005>.
- Sternberg, R. J. (1989). *The Triarchic Mind: A New Theory of Human Intelligence*. New York: Penguin.
- Tornaghi, A. J. C. Prado, M. E. B. B., & Almeida, M. E. B. de. (2010). *Tecnologias na educação: ensinando e aprendendo com as TIC: guia do cursista*. 2 ed. Brasília: MEC, Secretaria de Educação a Distância. 120p. URL: <http://portalprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000011620.pdf>. Acesso 30.11.2023.
- Wyssession, M., Taber, J., Budd, D. A., Campbell, K., Conklin, M., Ladue, N., Lewis, G., Raynolds, R., Ridky, R., Ross, R., Tewksbury, B., & Tuddenham, P. (2010). *Earth Science Literacy: the big ideas and supporting concepts of Earth Science*. Virginia, EUA: National Science Foundation.

Ensinando as Ciências da Natureza sob perspectiva inclusiva: o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) no planejamento curricular

Fabiana Curtopassi Pioker-Hara I
Rosely Aparecida Liguori Imbernon
Tamires Aparecida Souza Silva

O que é Currículo Inclusivo?

Uma escola não pode cumprir um propósito maior do que ensinar a todos seus membros que eles podem fazer acontecer aquilo em que acreditam (Barth, 1990, p.515)

A inclusão na educação é uma ação importante e um direito do cidadão, mas ainda há muitos desafios na realidade brasileira para que se encontre um caminho factível e aplicável. Um dos maiores desafios diz respeito ao currículo, que muitas vezes é construído de forma teorizada, com a finalidade de cumprir metas e diretrizes que priorizam apenas o conteúdo em sua forma mais orgânica (Marques, 2020).

O currículo deveria ser uma construção cultural que refletisse uma série de práticas de políticas educativas. Para além dessa visão, o currículo deveria ser uma reflexão a partir da realidade local da escola (Prais et al., 2018). O que observamos, porém, são documentos que somente replicam modelos e ideias que deram certo em outras realidades, geralmente muito distantes da nossa própria realidade. Como apontam Prais et al. (2018),

O fato de considerar a realidade cultural do espaço onde determinada escola está, verificando quem são os alunos e professores que ali estão, quais as suas condições socioeconômicas, qual a influência da comunidade no âmbito escolar, entre outras ações, revela a construção de um currículo. Embora a flexibilidade curricular ajude a responder melhor às necessidades dos alunos, muitas vezes apresenta complexidades técnicas relativas à

organização da aprendizagem e do ensino. É provável que os governos encontrem resistência às reformas propostas relacionadas à falta de preparação dos professores, pois que não aceitam ou entendem que as reformas visam cumprir os compromissos assumidos nas leis nacionais e nas convenções internacionais currículo voltado à inclusão (Prais et al., 2018, p.322).

O currículo não deveria ser excludente; concordamos com Melero (2013), que propõe que o currículo deveria ser construído a partir do enfoque histórico-cultural, de forma que não fossem feitas exclusões, e aponta cinco estratégias para atingirmos esse modelo:

Primeiramente, é preciso que se devolva a todos os alunos o seu direito de aprender. Postula-se que todos têm direito à educação, mas o que se percebe é que as exclusões são reais. Ou seja, é preciso reverter esse quadro por meio de estratégias que garantam tal direito. É assim que a segunda estratégia é contemplada: a de que os professores aprendem enquanto ensinam. Nesse ponto, há que se considerar o rompimento com o modelo tradicional de ensino, no qual o professor é detentor de todo o conhecimento e desconhece salas heterogêneas, e o aluno é o mero receptor e sua realidade tem importância ínfima. Assim, chega-se à terceira estratégia, que é a aprendizagem dialógica, em que os sujeitos se desenvolvem por meio da conversação e interação. Isso remete diretamente à quarta estratégia, a qual revela uma aprendizagem cooperativa e solidária em busca de um ponto em comum: o desenvolvimento. Por fim, a quinta estratégia caracteriza-se com o compromisso da ação docente além de seu discurso teórico, sendo, portanto, responsável pelo currículo inclusivo e refletindo as práticas a fim de atendê-lo (Melero, 2013, p.388).

O currículo inclusivo apontado por Meleiro (2013) objetiva que todos os estudantes tenham garantido seu direito a uma educação de qualidade que favoreça a sua formação como cidadãos atuantes na sociedade. Porém, quando se trata da inclusão da pessoa com deficiência na escola, o que se observa é um distanciamento entre o currículo ideal e o currículo praticado. Desde 2003, com a implantação de políticas de Educação Inclusiva, as escolas públicas brasileiras passaram a ter a presença de alunos com deficiências matriculados em suas turmas, em diferentes níveis de ensino. Enquanto houve suporte teórico e legal para essa inclusão, a prática foi feita, em geral, sem qualquer proposta de planejamento curricular que preparasse de fato

a escola (professores, coordenadores, diretores alunos, funcionários etc.) para a recepção desses alunos (Kassar, 2011).

O Relatório de Monitoramento Geral da Educação (UNESCO-GEM, 2020) foca na importante questão da Inclusão na Educação, e aponta que esse processo vai além de ter todos os alunos nas escolas; envolve a implementação de políticas, processos e ações para remover a estigmatização, os estereótipos e a discriminação dentro e fora da sala de aula; “(...) é um exercício de democracia, no sentido de que visa atender às necessidades de todos” (UNESCO-GEM, 2020).

O currículo, nas suas diversas dimensões, tem um papel muito importante a desempenhar na melhoria da igualdade, equidade e inclusão de todos os alunos. O que os alunos estudam na sala de aula afeta seu ambiente social, normas culturais e percepções. As intenções, os processos de implementação e os resultados do currículo são os principais blocos de construção dos sistemas de educação inclusiva. Em muitos países, o currículo e sua implementação precisam enfrentar de frente a inclusão de grupos cuja existência pode ter sido ignorada, ocultada ou relegada à margem das sociedades e dos sistemas educacionais (UNESCO-GEM, 2020)

Um dos fatores mais importantes para a implantação de currículos inclusivos é a flexibilidade curricular, que permitiria responder melhor às necessidades dos alunos. Uma das formas possíveis de se alcançar essa flexibilidade envolve o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) (Meyer et al., 2014). O DUA parte do pressuposto de que todos os seres humanos são diferentes entre si e, portanto, únicos. Somos física, intelectual e culturalmente diferentes. Nossos sonhos, anseios, capacidades e limitações são únicos. E, como consequência dessas diferenças, um desafio da educação no século 21 é aprender a integrar todas as diferenças, não as suprimindo ou uniformizando, mas reconhecendo-as e integrando-as, para que todas sejam acolhidas e que o ensino seja realmente acessível a todas as pessoas.

Todos temos diferentes interesses, diferentes formas de compreender, diferentes dificuldades. Há pessoas que são mais visuais, aprendendo melhor quando observam. Há pessoas que são mais auditivas, e há aquelas que precisam manipular as coisas. Todas essas diferenças independem de a pessoa apresentar alguma deficiência ou não, elas são inerentes ao ser humano.

Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA)

O que buscar, então, em um ensino inclusivo? A primeira ideia que surge seria a da igualdade: igualdade de oportunidades, em que todos tenham a mesma oportunidade de aprender. Mas uma igualdade de oportunidades que não considera as diferenças é incapaz de atingir seu objetivo. Observe a imagem (Fig. 1), três pessoas atrás de um muro, tentando assistir a uma partida de futebol. A pessoa da esquerda é mais alta que o muro, a pessoa do meio é mais baixa que o muro e a da direita é ainda mais baixa que a do meio. Em uma igualdade de oportunidades, a cada pessoa é oferecido um caixote para que ela suba e assista à partida. Ora, mas enquanto o caixote não faz diferença para a pessoa da esquerda, pois ela já é mais alta que o muro, para a pessoa da direita a oportunidade oferecida não é suficiente para lhe garantir acesso à partida.

Passamos, então, ao conceito de equidade. Nesse conceito, as oportunidades são oferecidas de acordo com as diferentes necessidades, de forma a garantir o acesso a todas as pessoas. No exemplo acima, são oferecidos dois caixotes à pessoa da direita, mais baixa, e nenhum caixote à pessoa da esquerda, que não necessita dele para assistir à partida. Mas, o conceito mais abrangente é o conceito de justiça, em que o muro seria removido, e todas as pessoas teriam acesso desimpedido à visão do jogo, no caso do nosso exemplo.

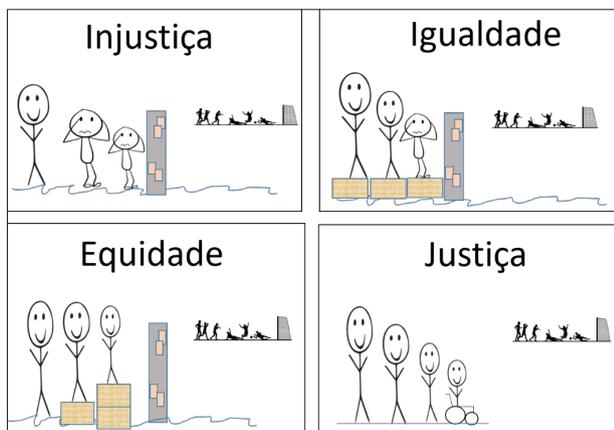


Figura 1. ilustração dos conceitos de igualdade, equidade e justiça.
Fonte: elaboração própria

Quando pensamos na pessoa com deficiência na sala de aula, como garantir que o ensino oferecido seja acessível? Uma das principais críticas à escola especial é que, muitas vezes, ela utiliza um currículo simplificado, por vezes infantilizado, privando o conhecimento que é oferecido na escola regular à pessoa com deficiência (Moreira & Baumel, 2001). Mas, colocar o aluno com deficiência na sala regular, ignorando as suas particularidades, está longe de promover a inclusão. Nós estaríamos, aqui, promovendo o conceito de igualdade, tratando o aluno com deficiência com as “mesmas oportunidades” do aluno regular, mas sem realmente dar-lhe acesso ao aprendizado. No ensino inclusivo baseado na ideia da equidade, haveria alunos com deficiência na escola regular, juntamente com um programa de apoio à inclusão desse aluno, por meio da orientação ao professor e trabalho especializado dentro de salas de apoio, como é normalmente feito. Não é a inclusão ideal, mas já é um avanço no sentido da real acessibilidade. Mas, no ensino inclusivo baseado na ideia de justiça, a acessibilidade seria total, pois o currículo, as aulas e os materiais seriam preparados levando em consideração as particularidades e as diferenças de todos os alunos, apresentem eles alguma deficiência ou não. Nesse sentido, concordamos com Barth (1990), quando afirma que:

Eu preferiria que meus filhos frequentassem uma escola em que as diferenças fossem procuradas, atendidas e celebradas como boas novas, como oportunidades para aprendizagem. A pergunta com que tantos educadores estão preocupados é: ‘Quais são os limites da diversidade além dos quais o comportamento é inaceitável?’ Essa é uma pergunta importante, mas a pergunta que eu gostaria de ver formulada com mais frequência é: ‘Como podemos fazer um uso consciente e deliberado das diferenças de classe social, gênero, idade, capacidade, raça e interesse como recursos para a aprendizagem?’ Como desafios, as diferenças encerram grandes oportunidades para a aprendizagem. Elas oferecem um recurso livre, abundante e renovável [...]. Eu gostaria de ver nossa compulsão para eliminar as diferenças entre escolas substituída por um enfoque igualmente insistente em se fazer uso dessas diferenças para melhorar as escolas. O que é importante sobre as pessoas – e sobre as escolas – é o que é diferente, não o que é igual (Barth, 1990. p.154-155).

Sob essa perspectiva, aplicam-se os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem: dar para cada estudante uma chance de aprender, sem deixar ninguém para trás. O desenho universal de aprendizagem foi proposto por David Rose, Ana Meyer e outros pesquisadores do *Center for Applied Special Technology* em 1999. Baseia-se na premissa do Desenho Universal, da arquitetura, “inteligente desde o começo”, cujo objetivo é pensar na acessibilidade, nos recursos, nas ferramentas, de forma que os produtos dos projetos sejam acessíveis a todos, independentemente da pessoa ter alguma deficiência ou não. Por exemplo, tomemos uma rampa em uma guia, na calçada. Ela é planejada para a acessibilidade de uma pessoa com cadeira de rodas, mas pode ser utilizada para facilitar o acesso de outras pessoas também, como alguém empurrando um carrinho de compras ou de bebê, ou mesmo alguém com dificuldade de subir degraus por alguma limitação física ou de idade. Assim, no desenho universal, o projeto facilita a acessibilidade de uma pessoa com deficiência de locomoção, mas não é exclusivo a ela.

No caso do Desenho Universal para Aprendizagem, a ideia é de que o aluno possa aprender sem barreiras. Não se trata de uma proposta de currículo fechado ou de uma receita pronta indicando “o jeito certo” de ensinar tal ou qual disciplina ou conteúdo, mas sim, de um conjunto de princípios que traz alguns modelos práticos. A ideia é maximizar a aprendizagem para todos os estudantes, sejam eles público alvo da educação especial ou não. Dentro dos princípios do DUA, muda-se a forma de pensar as aulas, o currículo e a avaliação. Por exemplo, imagine um professor que tem uma criança cega dentro de uma sala de aula regular. Dentro dos princípios do DUA, o professor não se pergunta “como adaptar minha lição de matemática, em que costumo usar a lousa para as crianças copiarem, de forma que a criança cega entenda”, mas “como eu posso ensinar essa lição que eu preciso ensinar de forma a auxiliar a aprendizagem de todos os meus alunos”.

O Desenho Universal para a Aprendizagem se propõe a orientar a prática educacional, visando:

- a. proporcionar flexibilidade nas formas que as informações são apresentadas, nos modos que os estudantes respondem ou demonstram seus conhecimentos e habilidades, e nas maneiras que os estudantes são motivados e se comprometem com seu próprio aprendizado; e

- b. reduzir as barreiras na forma de ensinar, proporcionando adaptações, apoios/ajudas e desafios apropriados, e mantendo altas expectativas de êxito para todos os estudantes, incluindo aqueles com deficiências e os que se encontram limitados por sua competência linguística no idioma da aprendizagem (Center for Applied Special Technology CAST, 2011).

Compreende-se como DUA uma abordagem flexível para a implementação de um currículo que desenvolva estratégias inclusivas e ofereça a todos os alunos oportunidades para a aprendizagem sem barreiras, “estimulando a criação de propostas educacionais flexíveis desde o início, com opções personalizáveis que permitem a todos os estudantes progredir a partir de onde eles estão” (CAST, 2011). O DUA parte do pressuposto de que a aprendizagem é afetada por diferentes fatores. Um deles seriam as condições biológicas como cansaço, sono, fome e estresse, em suma, o ambiente em que a criança vive. Se pensarmos, por exemplo, em uma criança que chega à escola trazida de carro por seus pais, e a colocarmos na sala de aula com uma criança que teve que caminhar três quilômetros para chegar à escola, não há justiça em se esperar que as duas tenham idêntica energia e disposição para a mesma atividade.

Outro fator é o significado que o conhecimento tem para o indivíduo. Se um determinado conhecimento não tem um significado para a pessoa, se ele não encontra ancoragem na estrutura cognitiva do indivíduo, não ocorrerá real aprendizagem. O conhecimento será acumulado, despejado em uma prova, e esquecido depois. Nesse sentido, os pressupostos do DUA estão em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1968), para quem o “fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe”. Assim, a aprendizagem seria o processo pelo qual uma nova informação se relaciona com a estrutura cognitiva do indivíduo. Uma vez fazendo sentido para o indivíduo e encontrando ancoragem na sua estrutura cognitiva, o novo conhecimento se fixa e se incorpora, ligando-se a outros conhecimentos já existentes. Quando a ancoragem ocorre, a aprendizagem é significativa.

O aspecto emocional e motivacional também tem um peso na aprendizagem para o DUA, assim como o nível de desafio que um novo conhecimento apresenta à pessoa. Novamente o DUA concorda com a teoria de Ausubel, em que a predisposição para aprender um

novo conteúdo é um fator limitante para o aprendiz: o aprendiz precisa querer aprender o que está sendo ensinado (Ausubel, 1968), para que o processo educativo tenha fruto. Nesse sentido, as estratégias de ensino precisam levar em consideração os interesses dos estudantes, e oferecerem um nível de desafio adequado, nem muito fácil que se torne desinteressante com rapidez, nem muito difícil que faça o aluno desistir.

Partindo dos pressupostos, o DUA apresenta três princípios básicos (Zerbato & Mendes, 2018): o Princípio da Representação; o Princípio da Ação e Expressão; e o Princípio do Engajamento. No Princípio do Engajamento, é trabalhado o porquê da aprendizagem, as motivações. Ele lida com as redes afetivas, com como engajar os alunos, como motivá-los, desafiá-los e mantê-los interessados.

O Princípio do Reconhecimento, por sua vez, lida com o “o quê” da aprendizagem, e é o princípio com o qual os educadores mais se identificam, pela sua ligação com os conteúdos da sala de aula. Ele lida com as formas como reunimos fatos e categorizamos o que vemos. Identificar letras, palavras e estilo de um autor são exemplos de reconhecimento, e as estratégias associadas ao princípio envolvem a apresentação de informações e conteúdos de maneiras variadas (Zerbato & Mendes, 2018).

Por fim, o Princípio da Ação e Expressão lida com as redes estratégicas, com o “como” da aprendizagem. Trata de pensar o planejamento e a execução de tarefas, de como se organizar e expressar as ideias. Como exemplo de tarefas estratégicas, temos a redação de um ensaio ou a solução de um problema matemático. A proposta do DUA para esse princípio é incentivar a diversificação nos métodos de avaliação, dando diferentes oportunidades para os alunos expressarem aquilo que eles sabem. Os três princípios trabalham com dois fatores importantes, que são a flexibilidade e a diversidade (Zerbato & Mendes, 2018). Considerando os princípios, o ensino baseado no DUA procura atender a algumas premissas. A primeira delas é a colaboração, fundamental, pois para se planejar e executar um ambiente de aprendizagem que seja acessível a todos os alunos, é preciso conhecer individualmente cada um deles. O professor, sozinho, não consegue conhecer individualmente todas as necessidades de cada aluno se for responsável por dez turmas de 30 alunos cada uma. Portanto, uma rede de apoio é muito importante, envolvendo o grupo de profes-

res, a direção e coordenação da escola e as famílias dos estudantes.

Outra premissa fundamental é a diversificação na forma de apresentação dos conteúdos, para além da aula expositiva: uso de tecnologias, atividades em grupos, diferentes recursos, de forma a garantir que alunos que aprendam de formas diferentes acessem um determinado conteúdo, um determinado conhecimento, de forma diferente também. Um mesmo conteúdo pode ser abordado com uma aula expositiva, mais um recurso audiovisual, mais um material tátil, mais um experimento, dependendo do que está sendo abordado. A diversificação assegura que as diferenças nas formas de aprendizagem sejam acolhidas na sala de aula e utilizadas em benefício de toda a turma.

A flexibilidade também é uma premissa importante para o ensino baseado no DUA, e ela é fundamental para a garantia na acessibilidade. Aqui, ela deve ser não apenas na apresentação dos conteúdos, mas no processo avaliativo, também. Não é acessível uma disciplina cuja única forma de avaliação é uma prova escrita padronizada pela escola apostilada e se o aluno falha na prova é porque automaticamente ele não compreendeu o conteúdo. No ensino baseado no DUA, a escola deve se perguntar se não há formas diferentes de aferir se um determinado conteúdo foi aprendido: um ensaio, a construção de um material físico ou audiovisual, a utilização de mapas conceituais, entre outras formas. Idealmente, o processo de avaliação é contínuo e individualizado, pois a aprendizagem em si não é estática, mas um processo dinâmico dependente dos princípios que apresentamos anteriormente. Trata-se não de uma nota estática no final do bimestre, mas do rompimento de barreiras, da aplicação da ideia de justiça, para além da igualdade e da equidade. O resultado da aplicação da ideia da justiça é a liberdade, ou seja, quando todos os alunos têm acesso ao conhecimento, quando não há mais muros, barreiras.

O DUA, o ensino de Ciências e a pessoa com deficiência (PCD)

Os princípios apresentados podem nortear um currículo elaborado a partir das perspectivas do DUA, mas é importante ressaltar que não existe um passo a passo ou uma receita para se trabalhar no ambiente escolar ou especificamente com uma PCD.

Conforme discute Zerbato (2018), há vários elementos

[...] que podem favorecer a implementação prática das políticas de inclusão escolar, além de auxiliarem os profissionais a elaborarem e conseguirem uma aprendizagem mais eficaz em escolas que pretendem se tornar inclusivas, sendo que tais elementos são encontrados num ensino que se embasa na estrutura proposta pelo DUA (Zerbato, 2018, p.61).

Assim, Burgstahler (2020) aponta outras estratégias que podem ser utilizadas e aplicadas para a realização de um ensino estruturado conforme as perspectivas do DUA, como:

- Clima de classe: adoção de práticas que reflitam altos valores em relação a diversidade, equidade e inclusão.
- Interação: incentivo a interações regulares e eficazes entre os alunos, empregando comunicação múltipla e garantindo que os métodos de comunicação sejam acessíveis a todos os participantes.
- Ambientes físicos e produtos: para instrução externa, certificação de que as instalações, as atividades, os materiais e os equipamentos sejam fisicamente acessíveis e utilizáveis por todos os alunos e que as necessidades dos alunos sejam abordadas nas considerações de segurança.
- Métodos de entrega: uso de vários métodos de instrução acessíveis a todos os alunos, como, por exemplo, palestras, opções de aprendizagem colaborativa, atividades práticas, comunicações baseadas na Internet, software educacional, trabalho de campo e assim por diante.
- Recursos e tecnologia de informação: certificação de que os materiais do curso, notas e outros recursos de informação sejam envolventes, flexíveis e acessíveis para todos os alunos.
- *Feedback* e avaliação: avaliação regular do progresso dos alunos, fornecendo *feedback* específico regularmente por meio de vários métodos e ferramentas acessíveis e ajustando as instruções de acordo.
- Acomodações: planejamento de acomodações para alunos cujas necessidades não sejam totalmente atendidas pelo conteúdo e pelas práticas instrucionais.

O DUA apresenta concepções para o desenvolvimento de um currículo e de uma prática pedagógica que ofereça novas oportunidades para a promoção da inclusão da pessoa com deficiência no ambiente escolar, e, pode promover a colaboração entre os professores da sala regular e professores especialistas, contribuindo para reduzir as barreiras educacionais e tornando o processo de aprendizagem mais significativo (Nunes & Madureira, 2015).

Em relação à pessoa com deficiência, que barreiras ela enfrenta na escola regular, pensada para um aluno padrão e padronizado? Ela pode encontrar barreiras de natureza física (por exemplo, cegueira, surdez, mobilidade reduzida a uma série de outros fatores) e barreiras de natureza cognitiva (por exemplo, pessoas dentro do espectro autista, com síndrome de Down, paralisia cerebral, dentre outras) que a impeça de alcançar seu potencial dentro de um ensino massificador.

Toda criança tem direito ao aprendizado; a inclusão se faz reconhecendo e acolhendo as diferenças, e reconhecendo cada ser humano como um indivíduo com necessidades e características diferentes. É necessário, portanto, que se ouça a pessoa com deficiência, que se compreendam as suas barreiras dentro do seu próprio ponto de vista. Nesse sentido, Cole Kingsbury e colaboradores escreveram um artigo intitulado “Nada sobre nós sem nós”: as perspectivas de geocientistas autistas em práticas instrucionais inclusivas no ensino de Geociências” (Kingsbury et al., 2020). O artigo traz o ponto de vista de geocientistas autistas sobre o ensino inclusivo em Geociências, apontando a necessidade de se respeitar o lugar de fala dos autistas, rompendo estereótipos e considerando o seu ponto de vista no planejamento de saídas de campo e nas acomodações necessárias no ensino do aluno autista.

Quando pensamos no ensino de ciências em uma perspectiva inclusiva, dentro da ideia do Desenho Universal para a Aprendizagem, é preciso que reconheçamos as barreiras que possam existir e quais as acomodações que são necessárias em uma atividade para que elas sejam derrubadas. Uma primeira barreira, quando se associa ensino de ciências (e, particularmente, o de Geociências) e pessoa com deficiência, é o trabalho de campo. A primeira tendência é pensar em oferecer uma alternativa à pessoa com deficiência, que não envolva a sua ida ao campo, porque “obviamente essa pessoa não conseguirá fazer a trilha”. Mas, devemos considerar o objetivo do trabalho

de campo. É o passeio em si ou é a apresentação de um conteúdo? Pensando nos conteúdos de Geociências, devemos considerar se é fundamental que a turma aprenda sobre aquele tipo de rocha especificamente naquela trilha de difícil acesso, ou se é possível observar o mesmo tipo de formação em um local mais acessível.

Outro fator importante a ser considerado no trabalho de campo é o planejamento, de forma que ele não beneficie apenas a pessoa com deficiência, mas toda a turma. Quando o aluno conhece de antemão o que se espera que ele faça, a ansiedade da visita é reduzida, e isso é especificamente importante, por exemplo, no caso de alunos autistas (Kingsbury et al., 2020). O planejamento deve ser compartilhado com a turma, e ser o mais detalhado possível: nós andaremos por certo tempo, pararemos por este intervalo, a escola fornecerá isto como lanche, ou que cada um deverá providenciar o seu próprio lanche, pararemos para comer por este tempo, você precisará de tal tipo de roupa e calçado, pode haver imprevistos etc. A realização de tarefas em grupo no campo também auxilia a romper barreiras, pois você incentiva a cooperação entre pessoas com características diferentes. As atividades realizadas pós-campo também auxiliam a revisitar o que se viu no campo, e o processo todo do trabalho de campo, adicionado à flexibilização nos métodos de avaliação, permitem que as diferenças sejam acolhidas, e não suprimidas. Ana Carolina Marques e colaboradores (2014) trazem um relato de um trabalho de campo que foi planejado e executado para incluir um aluno do 8º ano com atrofia muscular. Embora não especificando o DUA, muitos de seus pressupostos podem ser encontrados na atividade, como o engajamento da turma, o trabalho colaborativo e as acomodações, e na flexibilização no processo avaliativo.

Outra barreira encontrada no ensino de ciências é o laboratório. O laboratório lida com equipamentos e materiais que, no senso comum, “podem ser perigosos para uma pessoa com deficiência”. Mas é possível fazer acomodações nas atividades práticas, de forma a tornar o laboratório seguro e o ensino mais acessível para todos os alunos, e não só para pessoa com deficiência. Por exemplo, melhorar a iluminação, o tamanho das letras dos roteiros, dos quadros etc. ajuda a acomodar a pessoa que tenha deficiência visual, mas também facilita a observação do material pelos alunos sem a deficiência.

A utilização de amostras que possam ser manipuladas e a elaboração de modelos táteis poderiam oferecer uma alternativa de aprendizagem ao aluno que não consegue observar ao microscópio, ao mesmo tempo auxiliando a construção do conceito pelos alunos que conseguem. Por exemplo, em uma atividade de Geociências em que se demonstram diferentes tipos de areia sob a lupa, a manipulação da amostra permitiria o reconhecimento das diferentes texturas e granulações, facilitando a compreensão tanto pelos alunos que conseguem observar as amostras como por aqueles que não conseguem. Complementar a atividade com modelos em massinha comparando a forma e estrutura dos grãos permitiria que aluno cego percebesse as diferenças de formato dos grãos, e ajudaria os alunos que enxergam a compreenderem melhor aquilo que eles observam à lupa. Enfim, pensar nas acomodações que podem ser feitas no laboratório para dar o acesso ao conteúdo não apenas ao aluno com deficiência, mas de forma a beneficiar toda a turma. Novamente, destacamos a importância do planejamento e da rede de apoio, no sentido de se conhecer individualmente cada aluno e garantir o acolhimento de suas diferenças, com ou sem a presença de uma deficiência.

A sala de aula também pode ser uma barreira no caso do ensino de ciências, e particularmente das Geociências. Os livros didáticos se apoiam bastante no contexto visual, em imagens. Então, essas imagens precisam ser grandes, claras, e as legendas precisam ser grandes, simples e claras. Devem ser oferecidas outras formas de acesso ao conteúdo além daquela imagem: maquetes, mapas táteis, modelos, etc., assim como formas variadas de avaliação.

Exemplos práticos de DUA no ensino inclusivo de Ciências

O DUA ainda é bastante recente no Brasil, mas oferece uma grande possibilidade para a realização de um ensino realmente inclusivo. Em outros países em que ele já vem sendo aplicado há mais tempo, encontramos materiais e sugestões que podem facilitar a compreensão e a aplicação do DUA no planejamento curricular.

Um dos materiais que destacamos é o *CAST.ORG*, o próprio sítio do projeto DUA, em que podem ser encontradas as diretrizes do DUA, explicando detalhadamente cada princípio e explicando como aplicá-los

nas situações de sala de aula. A iniciativa *UNDERSTOOD.ORG* também oferece exemplos práticos da aplicação do DUA na escola, permitindo a impressão de um cartão com perguntas que o professor pode se fazer para planejar suas aulas de acordo com o DUA e apresentando um vídeo com um depoimento de um professor que foi um aluno com dificuldade de aprendizagem e que agora aplica o DUA na sua sala de aula.

Especificamente para o ensino de ciências, matemática e suas tecnologias, Nathan Moon e colaboradores (Moon et al., 2012) disponibilizaram um livro em que discutem como acomodar estudantes com deficiência dentro do ensino de ciências e matemática. São discutidas as barreiras encontradas por pessoas com diferentes tipos de deficiência e quais seriam acomodações possíveis dentro da perspectiva do DUA.

Em língua portuguesa, para uma abordagem mais teórica, destacamos o trabalho de Ana Paula Zerbato (2018), que discute em sua tese o DUA e suas aplicações, e o artigo de Sebastián-Hedero (2020), que traduz para português e explica as diretrizes do DUA. Para exemplos práticos em língua portuguesa, deixamos algumas sugestões. A primeira delas é o livro de Claudia Bettio e colaboradoras (2021), que discute a aplicação do DUA para o ensino inclusivo na educação infantil, guiando o professor no processo de aplicação dos princípios do DUA. O livro pode ser baixado de forma gratuita em formato PDF.

Dentro do ensino de Geociências, destacamos as produções resultantes da disciplina *Ensino de Ciências da Terra em uma perspectiva inclusiva*, do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências da Terra, da Unicamp. O trabalho final da disciplina constituiu na elaboração de uma proposta didática para o ensino de ciências da Terra sob a perspectiva do DUA; três das propostas foram publicadas na revista *Terræ Didática* e são disponíveis de forma gratuita.

O primeiro deles (Oliveira et al., 2021) propôs um livro para a alfabetização científica em climatologia, seguindo os princípios do DUA. O livro, sobre a formação de nuvens, foi desenvolvido desde o início com a ideia de ampliar as possibilidades de aprendizado para as pessoas do público-alvo da educação especial, trazendo figuras grandes e simples, *links* para recursos audiovisuais, dentre outras acomodações. As autoras detalham as escolhas e as metodologias utilizadas na elaboração do material, levando em conta os princípios do DUA em cada etapa, de forma a tornar o material acessível aos diversos públi-

cos. A proposta do material é que possa ser utilizado em contexto de educação não formal, como material paradidático, possibilitando o acesso aos conteúdos, tanto por estudantes que compõem o público alvo da educação especial, quanto pelo público em geral.

O segundo trabalho (Silva et al., 2021) trouxe a proposta de um roteiro inclusivo de visita para o Geoparque Aspirante do Seridó. Os autores procuraram tornar os conhecimentos geológicos associados ao geossítio Morro do Cruzeiro, em Currais Novos (RN), acessíveis a pessoas com deficiência ou para o público geral. A estratégia aborda uma etapa pré-campo e uma atividade de campo, que inclui atividade de percepção da paisagem, ensino de conceitos geológicos e socialização. Para cada etapa, são discutidas as possíveis dificuldades e acomodações possíveis às pessoas com deficiência, dentro dos princípios do DUA.

Por fim, também voltado à educação infantil, temos o trabalho de Gonçalves et al. (2021), que utiliza os princípios do DUA para propor o desenvolvimento de atividades ligadas às Geociências na educação infantil. As autoras fazem análise das fases de desenvolvimento infantil e explicam como cada fase pode se beneficiar da aplicação do DUA no planejamento das atividades de ensino. O trabalho detalha, para cada atividade em Geociências proposta, os marcos do desenvolvimento infantil, os conceitos das Geociências trabalhados, os campos de experiência e objetivos de aprendizagem dentro da BNCC, os materiais e métodos que o educador necessita para a aplicação da atividade e, por fim, quais os princípios do DUA a atividade aborda. O trabalho aponta que a elaboração das práticas seguindo os princípios do DUA auxiliariam na aplicação de atividades para toda a turma, superando as possíveis limitações de cada um.

Comentários finais

Procuramos neste capítulo apresentar ao professor de Ciências o Desenho Universal para a Aprendizagem, como uma estratégia para se pensar o currículo e a sala de aula de forma que todos os alunos tenham a possibilidade de atingir seu potencial. Se o professor pretende esperar o máximo e o melhor de cada estudante dentro de suas próprias características e limitações, o DUA permitirá pensar o ensino de forma a acomodar a todos, incluir a todos, almejando

o desenvolvimento pleno de cada um. Dentro da área das Ciências Naturais, e em particular das Geociências, o DUA oferece um conjunto de possibilidades para tornar a área acessível a todos os estudantes. Convidamos o professor a se aprofundar no tema e aplicar os princípios do DUA em sua sala de aula.

Referências

- Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Inston.
- Barth, R. S. (1990). A personal vision of a good school. *The Phi Delta Kappan*, 71(7), 512-516. URL: <https://www.jstor.org/stable/20404198>. Acesso em 23.11.2023.
- Bettio, C. D. B., Miranda, A. C. A., & Schmidt, A. (2021). *Desenho Universal para a Aprendizagem e ensino inclusivo na educação infantil*. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo. 109p. URL: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/646/575/2169>. Acesso em 23.11.2023.
- Burgstahler, S. (2020). *Universal Design in Education: Principles and Applications. DO-IT Disabilities, Opportunities, Internetworking, and Technology*. URL: <https://www.washington.edu/doit/universal-design-education-principles-and-applications>. Acesso 15.12.2022.
- CAST (2011). Universal design for learning guidelines version 2.0 Wakefield, MA. URL: https://udlguidelines.cast.org/binaries/content/assets/udlguidelines/udlg-v2-0/udlg_fulltext_v2-0.doc. Acesso 12.01.2023.
- Gonçalves, L. H. M., Grama, E. A., & Passos, A. P. D. (2021). Atividades em Geociências na educação infantil baseadas em desenho universal de aprendizagem como ferramenta para o desenvolvimento da criança. *Terra Didática*, 17 (Publ. Contínua), 1-9, e021029. DOI: <https://doi.org/1020396/td.v17i0.8664913>.
- Kassar, M. C. M. (2011). Educação especial na perspectiva da educação inclusiva: desafios da implantação de uma política nacional. *Educar em Revista*, 41, 61-79. Curitiba: Ed. UFRP.
- Kingsbury, C. G., Sibert, E. C., Killingback, Z., & Atchison, C. L. (2020). “Nothing about us without us:” The perspectives of autistic geoscientists on inclusive instructional practices in geoscience education. *Journal of Geoscience Education*, 68(4), 302-310. DOI: <https://doi.org/10.1080/10899995.2020.1768017>.
- Marques, A. C. S., Stefani, M. N., Fonseca, R. L., & Guedes, T. (2014). *Trabalho de campo enquanto metodologia inclusiva: estudo de caso sobre inclusão de um aluno portador de atrofia muscular*. Anais do VII Congresso Brasileiro de Geografia, Vitória, ES. URL: http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1402945881_ARQUIVO_ArtigoCBGCorrigidoMURILO_TAIS_ANA.pdf. Acesso 02.05.2023.

- Marques, J. D. (2020) Um olhar sobre o currículo inclusivo para além dos aspectos burocráticos. *Revista Educação Pública*, 20(21). URL: <https://educacao publica.cecierj.edu.br/artigos/20/21/um-olhar-sobre-o-curriculo-inclusivo-para-alem-dos-aspectos-burocraticos>. Acesso 12.01.2023.
- Melero, M. L. (2013). A inserção do currículo no sistema educacional Parte IV - 22. Discriminados pelo currículo por sua desvantagem: estratégias do currículo para uma inclusão justa e factível. In: Gimeno Sacristán, J. (Org.). (2013). *Saberes e incertezas sobre o currículo*. Trad. Salvaterra, M. G. A. A. Porto Alegre: Penso. p. 385-402. ISBN 978-85-65848-50-3.
- Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D., 2014. *Universal design for learning: Theory and practice*. Wakefield, MA: Center for Applied Special Technology. URL: <http://udltheorypractice.cast.org/> Acesso 02.05.2023.
- Moon, N. W., Todd, R. L., Morton, D. L., & Ivey, E. (2012). *Accommodating Students with Disabilities in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Findings from Research and Practice for Middle Grades through University Education*. Center for Assistive Technology and Environmental Access. 223p. Atlanta, Geogia.
- Moreira, L. C., & Baumel, R. C. R., 2001. Currículo em educação especial: tendências e debates. *Educação em Revista*, 17. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-4060.224>.
- Nunes, C. & Madureira, I. (2015). Desenho Universal para a Aprendizagem: Construindo práticas pedagógicas inclusivas, *Da Investigação às Práticas*, 1, p.126-143.
- Oliveira, J. P., Zizzo, L. V., & Coltri, P. P. (2021). Alfabetização científica em Climatologia: proposta de um livro a partir dos princípios do Design Universal de Aprendizagem (DUA). *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), 1-13, e021019. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8664831>.
- Prais, J. L. S., Rosa, H. F. & Jesus, A. R. (2018). Currículo e inclusão educacional: percepções de docentes da educação básica. *Roteiro*, 43(1), 317-344. DOI: <https://doi.org/10.18593/r.v43i1.14509>.
- Sebastián-Herederó, E. (2020). Diretrizes para o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). *Revista Brasileira de Educação Especial [online]* 26(4), 733-768. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-54702020v26e0155>.
- Silva, T. A. S., Silva, C. P. A. & Nunes, L. H. M. N. (2021). A paisagem no Geopark Aspirante Seridó: roteiro educativo na perspectiva inclusiva à Pessoa com Deficiência. *Terræ Didática*, 17 (Publ. Contínua), 1-10, e021014. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8664047>.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2020). *GEM - General Education Monitoring Report 2020: Inclusion and education: All means all*. Paris, UNESCO. 502p. ISBN 978-92-3-100388-2. URL: <https://gem-report-2020.unesco.org/> Acesso 23.11.2023.

- Zerbato, A. P. (2018). *Desenho universal para aprendizagem na perspectiva da inclusão escolar: potencialidades e limites de uma formação colaborativa*. São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos. (Tese Dout., Progr. Pós-Grad. Educação Especial).
- Zerbato, A.P. & Mendes, E., 2018. Desenho Universal para a Aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. *Educação Unisinos*, 22(2). DOI: <https://doi.org/10.4013/edu.2018.222.04>.

Conservação da Vegetação Nativa: Interface entre Gestão Ambiental e Ensino

Renan Pinton de Camargo

Maxwell Luiz da Ponte

Joseli Maria Piranha

A vegetação nativa, também denominada natural¹, foi estimada no Brasil, em 2019, em 5,37 milhões de km² (Brasil, 2020). Essa cobertura vegetal ocupava 63,1% do território nacional, sendo que a maior parte estava localizada no Bioma Amazônia (65,4% da cobertura de vegetação nativa brasileira, que representou 3,51 milhões de km²) e no Bioma Cerrado (21,3% da cobertura de vegetação nativa brasileira, que representou 1,14 milhões de km²) (Brasil, 2020). Em relação aos biomas brasileiros — Amazônia, Pantanal, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Pampa — os valores da cobertura de vegetação nativa foram estimados em 83,8%, 83,2%, 56,3%, 44,4%, 28,6% e 14,7%, em relação à área ocupada por cada bioma, respectivamente (Brasil, 2020).

No Estado de São Paulo, o último mapeamento da cobertura vegetal realizado pelo Governo do Estado, entre 2017 e 2019, estimou a cobertura de vegetação nativa em 56,7 mil km², ou, 22,9% do território paulista (São Paulo, 2020a). A cobertura vegetal nativa remanescente está reduzida a 32,6%, ou 54,3 mil km², e a 3%, ou 2,4 mil km², da superfície original dos Biomas Mata Atlântica e Cerrado, respectivamente (São Paulo, 2020a).

Verifica-se, portanto, que embora o Brasil possua cobertura relevante de vegetação nativa, grande parte dela está concentrada em áreas setentrionais, que possuem uma história ainda recente de uso e ocupação do solo. Já no território paulista, os baixos valores de cobertura da vegetação nativa revelam um estado crítico de proteção e conservação

1 A vegetação natural inclui: i) a tipologia florestal, tais como a Floresta Ombrófila, a Floresta Estacional e a Savana Arborizada; ii) outras terras arborizadas, tais como Savana-Estépica Arbustiva; e iii) outras terras naturais, tais como a Savana Gramíneo-Lenhosa (Brasil, 2020). Para mais informações sobre as tipologias de vegetação natural, consultar o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012).

do ambiente. Nesse sentido, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), promulgada em 2012, estabeleceu regras gerais para a proteção e a recomposição da vegetação nativa em território brasileiro (Brasil, 2012a). Tais ações estão disciplinadas em Programas de Regularização Ambiental (PRA), promulgados, de modo concorrente, pelos Estados (Brasil, 2012a). Ademais, a responsabilidade comum entre os entes da Federação associa-se à responsabilidade individual do proprietário rural, no instante em que ambos atuam nas ações de identificação, delimitação, proteção e uso sustentável da vegetação nativa (Brasil, 2012a).

Embora as normas legais de proteção e recomposição da vegetação nativa estejam promulgadas pela União e pelos Estados, a gestão do ambiente deve se efetivar em território local. De modo prático, deve haver um elo entre a capacidade técnica dos gestores públicos, as particularidades e as questões do território e a governança participativa (Menegat & Almeida, 2004). Para tal, duas estratégias são consideradas essenciais, sendo elas: a capacitação técnica de gestores públicos e o conhecimento do território local, de modo a se legitimar os programas e as ações de gestão do ambiente (Menegat & Almeida, 2004). Dessa forma, entre 2016 e 2019, foram realizadas duas atividades de formação, junto a gestores públicos e professores do Ensino Básico, destinadas à gestão da vegetação nativa na região noroeste do Estado de São Paulo.

Dada a complexidade do conjunto de normas e das políticas públicas que tratam da proteção, da conservação e da recomposição da vegetação nativa, bem como dos importantes resultados advindos das atividades de formação, é oportuno compor um referencial teórico e prático que aborde a gestão do ambiente com foco em dois pilares: a gestão pública e o Ensino Básico.

O texto está organizado em três partes: (i) apresentação das principais normas que orientam e disciplinam a gestão da vegetação nativa, sobretudo em território paulista; (ii) descrição das duas atividades formativas; e (iii) considerações sobre a interface entre Gestão e Ensino.

Proteção e recomposição da vegetação nativa

Desde o século XIX, são publicadas normas que tratam da proteção da vegetação nativa em território brasileiro. Em 1827, foi instituída a figura do Juiz de Paz, cuja função, entre outras, era “vigiar sobre a conservação das matas e florestas públicas, onde as houver, e obstar nas particulares ao corte de madeiras reservadas por lei” (Brasil, 1827, artigo

5º, parágrafo 12º). Anos depois, em 1844, a comercialização clandestina de madeira proveniente da exploração de indivíduos da espécie Pau-brasil passou a ser tratada como infração e estava sujeita à multa pelo Governo Federal (Brasil, 1844).

Passados quase cem anos foi promulgado o primeiro Código Florestal brasileiro, em 1934. Em resumo, essa lei proibia algumas ações, tais como a queima sem prévia autorização, o desflorestamento em áreas localizadas à margem de cursos d'água e em áreas íngremes e a exploração de espécies vegetais ameaçadas de extinção. Ainda, tal lei instituiu classes de floresta, a exemplo da floresta protetora, cujo objetivo seria conservar os recursos hídricos e edáficos, e da floresta remanescente, que viriam a ser instituídas como parques nacionais, sob responsabilidade do Ministério da Agricultura (Brasil, 1934).

Em 1965, um novo Código Florestal foi promulgado. Esse segundo Código, com suas diversas alterações subsequentes, instituiu conceitos importantes para proteção da vegetação nativa, tais como a Área de Preservação Permanente (APP) (Fig. 1) e a Reserva Legal (RL) (Brasil, 1965).

Desde 2012, vigora no Brasil a LPVN, ou terceiro e novo Código Florestal. Para além da APP e da RL, essa lei instituiu mais uma classe de área localizada no imóvel rural, isto é, a Área Rural Consolidada (Brasil, 2012a). Assim, a proteção e o uso da vegetação nativa decorrem da identificação e da delimitação dessas três classes de áreas (Tab. 1).

Não obstante a ARC possa estar situada em APP, ainda assim é permitida a continuidade das práticas agrossilvipastoris em situações de ocupação antrópica anterior à promulgação do decreto federal que regulamenta a Lei de Crimes Ambientais, isto é, 22 de julho de 2008 (Brasil, 2008).



Figura 1. Vegetação nativa em Área de Preservação Permanente (APP), às margens de uma lagoa natural. Fonte: Renan Pinton de Camargo, 2019

Assim, em ARC situada em APP, a faixa de proteção ambiental de APP ao longo de cursos d'água pode ser reduzida. Por exemplo, tal faixa pode reduzir-se de trinta para cinco metros (Fig. 2), em imóveis rurais que possuam área equivalente de até um (1) módulo fiscal (Brasil, 2012a).

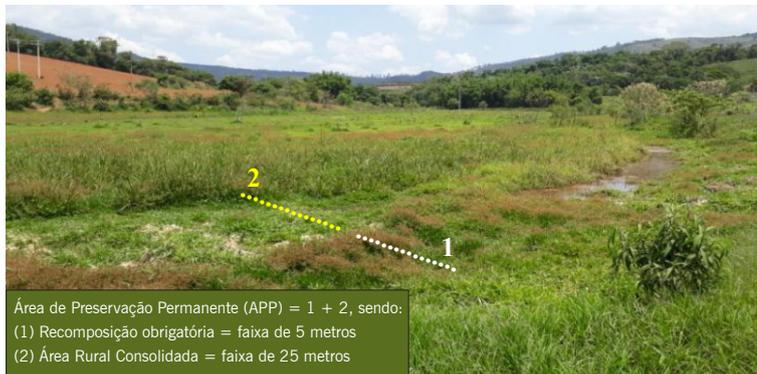


Figura 2. Faixa de proteção ao longo do curso d'água decorrente da localização de Área Rural Consolidada em Área de Preservação Permanente, para imóveis rurais que possuem área equivalente até 1 módulo fiscal. Nota: As faixas marginais de proteção devem estar localizadas às margens dos cursos d'água, desde a borda da calha do leito regular (Brasil, 2012a). Fonte: Renan Pinton de Camargo, 2019

Outras regras se aplicam em ARC, a saber: redução da faixa de proteção ao longo de cursos d'água, a depender da área do imóvel rural; redução da área de proteção ao redor de nascentes/olhos d'água, lagos/lagoas naturais e veredas (Brasil, 2012a). Ainda, uma quarta classe de área foi instituída pela LPVN, que são as Áreas de Uso Restrito (AUR). As AUR não tratam propriamente da proteção da vegetação nativa. Pelo contrário, em AUR é possível a supressão de vegetação nativa em áreas definidas como tal, a saber: pantanais e planícies pantaneiras; área de inclinação entre 25° e 45°, desde que para os usos definidos como utilidade pública e interesse social (Brasil, 2012a).

Regularização ambiental

A gestão do ambiente é uma competência comum e concorrente entre os entes da federação. Isto é, conforme determina a Constituição Federal Brasileira, é competência comum da União, dos Estados e dos Municípios proteger o ambiente e preservar as florestas. Ainda, os

mesmos entes podem legislar concorrentemente sobre a conservação da natureza e a preservação do ambiente (Brasil, 1988). Em particular para a gestão da vegetação nativa, os entes da Federação possuem a “responsabilidade comum” “na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais”, em colaboração com a sociedade civil (Brasil, 2012a, artigo 1º - A, inciso IV).

Em regra, a proteção e o uso sustentável da vegetação nativa estão disciplinados para as unidades de conservação e para os imóveis rurais. Para o primeiro caso, a gestão do ambiente obedece, para além da LPVN, o próprio Plano de Manejo da Unidade de Conservação, conforme as regras estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Brasil, 2000). Para o segundo caso, o conjunto normativo se torna um tanto mais complexo. Em resumo, as regras de proteção e uso em áreas de preservação da vegetação nativa estão disciplinadas pela LPVN e pelos Programas de Regularização Ambiental, instituídos por cada Estado Brasileiro (Brasil, 2012b).

Por definição, o PRA é “o conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas por proprietários e posseiros rurais com o objetivo de adequar e promover a regularização ambiental” (Brasil, 2012b, artigo 9º). A regularização ambiental, por sua vez, é definida como:

[...] atividades desenvolvidas e implementadas no imóvel rural que visem a atender ao disposto na legislação ambiental e, de forma prioritária, à manutenção e recuperação de áreas de preservação permanente, de reserva legal e de uso restrito, e à compensação da reserva legal, quando couber (Brasil, 2012b, artigo 2º, inciso XV).

Em decorrência da reforma do Estado Brasileiro, a partir da década de 1980, a gestão do ambiente em território local passou a ser competência dos Estados e, sobretudo, dos Municípios (São Paulo, 2009). Desde então, a descentralização administrativa da gestão do ambiente tem como principais políticas públicas o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), em âmbito federal (Brasil, 1981), e o Programa Município VerdeAzul (PMVA), em âmbito paulista (São Paulo, 2021a).

Mais recentemente, desde 2019, em decorrência da reestruturação da Administração Pública do Governo do Estado de São Paulo, foi criada a Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável (CDRS), a qual substituiu a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI)

(São Paulo, 2019a). Ficou atribuída à CDRS, para além de diversas funções da extinta Secretaria do Meio Ambiente, atual Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, a responsabilidade pela gestão do PRA no Estado de São Paulo (São Paulo, 2019a). Em 2021, a CDRS passou a ser denominada CATI, novamente.

Ao proprietário rural é atribuída a responsabilidade pela regularização ambiental de seu imóvel, a exemplo da proteção da vegetação nativa em APP e RL, bem como da declaração das informações ambientais de seu imóvel no Cadastro Ambiental Rural (CAR)² (Brasil, 2012a).

Restauração ecológica

Respeitadas as regras de proteção da vegetação nativa que incidem sobre cada classe de área dentro do imóvel rural, a cobertura de vegetação poderá estar além ou aquém dos valores estabelecidos pela LPVN (Brasil, 2012a).

No primeiro caso, o proprietário rural poderá obter benefícios econômicos mediante o uso e a comercialização de produtos oriundos da exploração florestal, bem como da instituição e da transferência onerosa de Cota de Reserva Ambiental (CRA) (Brasil, 2012a).

No segundo caso, o proprietário rural deverá recompor o déficit de área de vegetação nativa conforme os parâmetros definidos pela LPVN (Brasil, 2012a).

O processo de recomposição da vegetação nativa está disciplinado conforme os métodos e as práticas em restauração ecológica (São Paulo, 2014). Por definição, conforme a Resolução da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) n° 32/2014 — normativa que trata dessa matéria em território paulista —, a restauração ecológica é a “intervenção humana intencional em ecossistemas degradados ou alterados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica” (Fig. 3) (São Paulo, 2014, artigo 2º, inciso I).

Ainda, tal normativa se situa como referencial importante para as ações de gestão do ambiente, sobretudo em território rural, pois ela disciplina os projetos de restauração ecológica que decorrem de demandas

2 O CAR é o registro eletrônico de abrangência nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, “com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento” (Brasil, 2012b, artigo 1º, inciso II).



Plantio de espécies arbóreas nativas

Figura 3. Plantio de indivíduos de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica em Área de Preservação Permanente. Fonte: Renan Pinton de Camargo, 2019

diversas, a saber: de autorizações e licenças ambientais, de reparação de danos ambientais e de ações de recomposição financiadas com recursos públicos (São Paulo, 2014)³.

A Resolução SMA nº32/2014 também instituiu o Sistema Informatizado de Apoio à Restauração Ecológica (SARE), com a finalidade “de registro, monitoramento e apoio às iniciativas e projetos de restauração ecológica no Estado de São Paulo” (São Paulo, 2014, artigo 7º). O SARE possui integração com o CAR, isto é, as informações ambientais dos imóveis rurais declaradas, conforme a LPVN, constituirão base de dados georreferenciados a serem utilizados na proposição e no desenvolvimento de ações de restauração ecológica nesses mesmos imóveis (São Paulo, 2014).

3 Cumpre destacar que até o dia 17 de setembro de 2020, data de publicação da Resolução da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA) nº 73/2020 (São Paulo, 2020b) — normativa que alterou as orientações sobre os projetos de restauração ecológica —, a Resolução SMA nº 32/2014 também disciplinava a recomposição da vegetação nativa em processos de regularização de imóveis rurais, conforme prevê a LPVN (São Paulo, 2014). Tendo em vista que as atividades de formação descritas neste estudo foram desenvolvidas entre 2016 e 2019, a referência legal assumida durante as aulas e discussões junto aos participantes foi, portanto, a Resolução SMA nº 32/2014.

Atividades formativas para a gestão da vegetação nativa

As atividades formativas foram realizadas junto a dois grupos de participantes: i) um grupo de gestores públicos municipais do setor de ambiência e ii) um grupo de professores de escolas estaduais, ambos localizados na região noroeste paulista, nomeadamente pertencentes à Região Administrativa de São José do Rio Preto. O convite para composição do primeiro grupo foi realizado junto aos departamentos/secretarias de meio ambiente de onze municípios paulistas, vizinhos entre si e que integravam um Convênio Intermunicipal com foco na execução de programas e ações de proteção e recuperação do ambiente. Dentre os onze municípios, três não possuíam setores ambientais operativos. Logo, o grupo de participantes ficou constituído por dez gestores públicos de oito municípios, a saber: Fernandópolis e Ouroeste (dois gestores cada), Guarani D´oeste, Indaiaporã, Macedônia, Mesópolis, Populina e Vitória Brasil (um gestor cada) (Fig. 4).

As atividades desenvolvidas junto ao grupo de gestores públicos, entre 2016 e 2018, integraram uma pesquisa de mestrado produzida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (Camargo, 2018). A atividade desenvolvida junto ao grupo de professores, entre 2018 e 2019, integrou o conjunto de atividades e práticas de ensino e extensão promovidas pelo Centro de Referência em Ciência do Sistema Terra (Crecist), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus São José do Rio Preto/SP.

O grupo ficou constituído por vinte e cinco professores do Ensino Básico, mais precisamente do Ensino Médio, que lecionavam os conteúdos de Biologia (nove professores) e Geografia⁴ (quatorze professores) em dezoito escolas estaduais da Diretoria de Ensino da Região de José Bonifácio. Entre esses professores, dois integravam o Núcleo Pedagógico de Ciências e Geografia/História da referida Diretoria de Ensino. As escolas se localizavam em quatorze municípios paulistas, sendo eles: Adolfo, Bálsamo, Irapuã, José Bonifácio, Mendonça, Mirasol, Neves Paulista, Nipoã, Planalto, Poloni, Sales, Tanabi, Urupês e Zacarias (Fig. 4).

4 Conforme a Base Nacional Comum Curricular, o conteúdo de Biologia integra a área do conhecimento “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” e o conteúdo de Geografia integra a área do conhecimento “Ciências Humanas e Sociais Aplicadas” (Brasil, 2018).

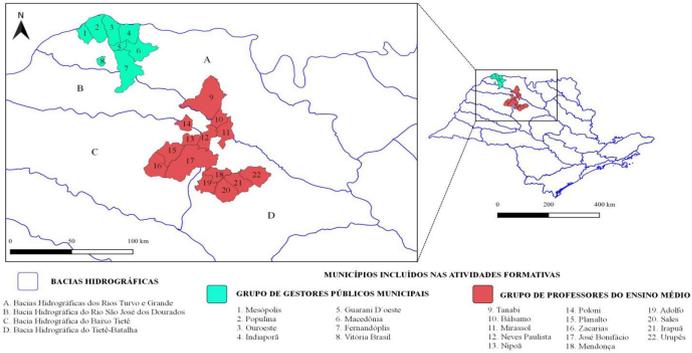


Figura 4. Localização dos municípios incluídos nas atividades formativas, no Estado de São Paulo e em relação à abrangência das bacias hidrográficas. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2011, 2021b)

Cobertura de vegetação nativa e Unidades de Conservação

A região de estudo está situada no Bioma Mata Atlântica e em sua Zona de Tensão com o Bioma Cerrado (Fig. 5). As duas fitofisionomias características são a Floresta Estacional Semidecidual (FES), no Bioma Mata Atlântica, e a Savana, que em intersecção com a FES constituem Zona de Tensão (Brasil, IBGE, 2004).

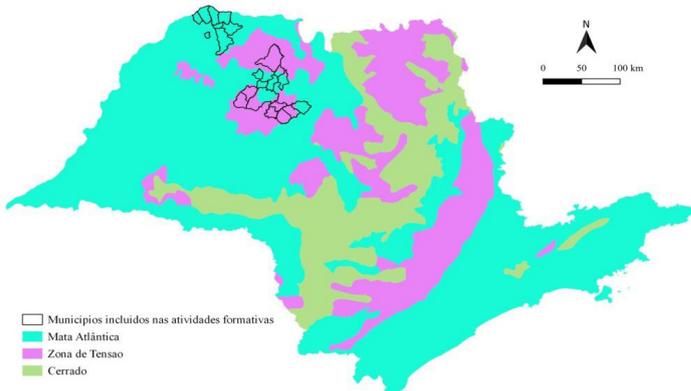


Figura 5. Localização dos municípios incluídos nas atividades formativas, no Estado de São Paulo e em relação à abrangência dos biomas. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2021b, 2017)

A situação mais crítica em relação à cobertura vegetal nativa no Estado de São Paulo pode ser observada em sua região noroeste, mais precisamente na Região Administrativa de São José do Rio Preto. Nas quatro bacias hidrográficas onde se situam os municípios incluídos nas referidas atividades formativas (Fig. 4), os valores de cobertura da vegetação nativa são os menores valores inventariados no Estado de São Paulo. O valor médio de cobertura vegetal nativa para as quatro bacias é de 11,5% (Tab. 2) (São Paulo, 2020c).

Tabela 2. Cobertura vegetal nativa em quatro bacias hidrográficas situadas no Noroeste Paulista. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2020c)

Bacias Hidrográficas	Área total	Cobertura Vegetal Nativa	
	(km ²)	(km ²)	(%)
Rios Turvo e Grande	16.232,95	1863,39	11,5
Baixo Tietê	15.724,72	1650,49	10,5
Tietê-Batalha	13.126,71	1644,48	12,5
Rio São José dos Dourados	6.548,99	799,58	12,2

Na Região Administrativa de São José do Rio Preto existem poucas Unidades de Conservação. A mais representativa é a Floresta Estadual do Noroeste Paulista (FENP) (Fig. 7), Unidade de Conservação de Uso Sustentável, instituída em 2018, localizada nos municípios de São José do Rio Preto/SP e Mirassol/SP e que possui uma área de, aproximadamente, 3,8 km² (São Paulo, 2018). Na FENP são encontrados remanescentes de vegetação nativa, plantios de restauração ecológica



Figura 7. Represamento do Córrego dos Moraes situado na Floresta Estadual do Noroeste Paulista. Fonte: Renan Pinton de Camargo, 2019

e, em grande parte, pastagens, que ocupam cerca de 51% da área dessa Unidade de Conservação. A grande pressão sobre a vegetação nativa situada no domínio da FENP decorre da expansão urbana e da agricultura, sendo registrados frequentes incêndios florestais (São Paulo, 2019b).

Por estar localizada em uma microbacia na qual o uso e a cobertura do solo são, majoritariamente, urbanos (bairros residenciais), na FENP tem sido observada a degradação dos recursos hídricos, a exemplo do córrego Piedade, que é receptor de parte do esgoto doméstico do município de Mirassol/SP (São Paulo, 2019b). Em confrontação com a FENP se localiza a Estação Ecológica do Noroeste Paulista (EENP), Unidade de Conservação de Proteção Integral, criada em 1993 e que possui uma área de, aproximadamente, 1,7 km² (Fig. 8).

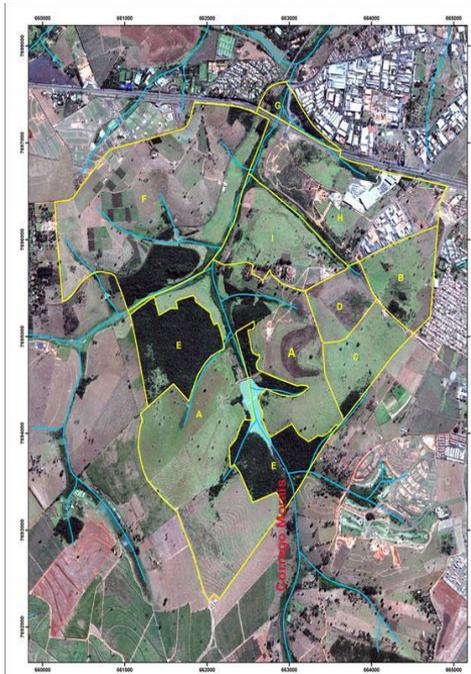


Figura 8. Localização da Floresta Estadual do Noroeste Paulista e da Estação Ecológica do Noroeste Paulista. Fonte: São Paulo (2021c). Nota: A. Floresta Estadual do Noroeste Paulista; B. Santa Casa de Misericórdia; C. Parque Tecnológico; D. Campus II da Universidade Estadual Paulista (UNESP); E. Estação Ecológica do Noroeste Paulista; F. Instituto de Pesca e Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo; G. Estação Experimental de São José do Rio Preto/SP; H. Distrito Industrial; I. Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC)

Cursos de formação

Embora as atividades formativas tenham sido anteriores à grave situação epidemiológica da Covid-19 no Brasil, e, conseqüentemente, as atividades presenciais ainda se encontravam normalizadas, optou-se pelo uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como ferramentas de apoio ao desenvolvimento das atividades formativas. Isso porque foi considerado que as distâncias entre os municípios, e conseqüentes recursos a serem despendidos em função de deslocamentos, bem como a indisponibilidade de realizar encontros presenciais ao longo do período de trabalho, poderiam constituir obstáculos à participação dos gestores e dos professores nas atividades.

Nesse sentido, as atividades foram desenvolvidas em modelo híbrido, composto por atividades formativas teóricas (formato Educação a Distância, EaD) e por atividades práticas presenciais em campo. O objetivo foi a capacitação dos participantes para o reconhecimento e o entendimento da Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014, conceitos técnicos integrados nessa legislação e seu uso na elaboração de projetos de restauração ecológica, com foco na região noroeste paulista. Ainda, buscou-se prover informações técnicas acerca das etapas de diagnóstico e elaboração de projetos de restauração ecológica, consoante às condições legais e do Sistema Informatizado de Apoio à Restauração Ecológica (SARE).

O curso destinado aos gestores públicos ficou intitulado “Subsídios para entendimento da Resolução SMA nº 32/2014 e seu uso na elaboração de Projetos de Restauração Ecológica”, doravante denominado “Curso A”. Já para o grupo de professores, o curso recebeu o nome de “Conceitos de restauração ecológica e elaboração de recursos didáticos diferenciados”, doravante denominado “Curso B”.

Curso A

O conteúdo do curso A foi organizado em cinco módulos, realizados semanalmente e de modo sequencial (Fig. 9).

Foram gravadas e disponibilizadas quatro videoaulas, uma para cada um dos quatro primeiros módulos. No último módulo, foi realizada uma atividade prática em campo, em território rural no município de Indaporã/SP (Fig. 10A). Para a hospedagem dos recursos didáticos e a realização do curso, optou-se pelo uso do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) *Teleduc* e da plataforma virtual *Youtube*. Ao final do curso,

Módulo 1 - Resolução SMA nº32/2014 e diretrizes para a identificação de áreas prioritárias à restauração ecológica

- Objetivo: Apresentar o conteúdo da Resolução SMA nº 32/2014, os conceitos necessários ao seu entendimento e seu uso na identificação das áreas prioritárias para a restauração ecológica.

- Referenciais: Resolução SMA nº 32/2014; Resolução SMA nº 86/2009 (tratava da compensação ambiental decorrente de supressão de vegetação nativa no Estado de São Paulo; fora revogada pela Resolução SMA nº 7/2017 e está revogada pela Resolução SEMIL nº 2/2024, a qual vigora no Estado de São Paulo), Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Turvo e Grande; Mapa de conectividade da biota para o Estado de São Paulo; Vídeo explicativo sobre os métodos de restauração florestal.

Módulo 2 - Conceitos básicos e enquadramento legal para a caracterização de biomas, tipos de vegetação e estágios de sucessão florestal

- Objetivos: Apresentar as principais características dos Biomas Mata Atlântica e Cerrado; apresentar as normas que tratam das classificações das fitofisionomias dos Biomas Mata Atlântica e Cerrado.

- Referenciais: Manual Técnico da Vegetação Brasileira; Resolução CONAMA nº 10/1993 e Resolução Conjunta SMA-IBAMA nº 01/1994 (tratam dos estágios de sucessão florestal no Bioma Mata Atlântica); Lei do Estado de São Paulo nº 13.550/2009 (trata da utilização e proteção da vegetação nativa no Bioma Cerrado); Resolução SMA nº 64/2009 (trata dos estágios de sucessão florestal no Bioma Cerrado); Sequência didática exemplificando diferentes estágios de sucessão nos Biomas Mata Atlântica e Cerrado.

Módulo 3 - Ferramentas de geotecnologia como apoio ao reconhecimento do local de restauração ecológica

- Objetivo: Apresentar ferramentas de apoio ao reconhecimento do território e identificação de áreas prioritárias para a restauração ecológica.

- Referenciais: Tutorial para a identificação de áreas prioritárias para a restauração ecológica conforme diretrizes da Resolução SMA nº 32/2014.

Módulo 4 - Metodologias de restauração ecológica

- Objetivo: Apresentar o conceito e os métodos de restauração ecológica, bem como as principais operações envolvidas no plantio e manejo das áreas em processo de restauração.

- Referencial: Artigos científicos e manuais técnicos acerca de conceitos, métodos e técnicas de restauração ecológica.

Módulo 5 - Atividade prática em campo

- Objetivo: Visitar locais de degradação do ambiente em território rural e reconhecer os aspectos da paisagem com foco na proposição de ações de restauração ecológica.

- Referencial: Roteiro para atividade em campo com foco na proposição de ações de restauração ecológica.

Figura 9. Estrutura e conteúdo do curso A “Subsídios para entendimento da Resolução SMA nº32/2014 e seu uso na elaboração de Projetos de Restauração Ecológica”. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Camargo (2018)

foram conduzidas reuniões presenciais com o grupo de participantes no intuito de se elaborar uma proposta para o desenvolvimento de ações de educação ambiental no âmbito do Convênio Intermunicipal.

Como resultado prático gerado nas atividades formativas, foi elaborada uma proposta de sete ações em educação ambiental a serem fomentadas pelo Convênio Intermunicipal. Tais ações tratam, em resumo: da implantação da agenda ambiental na administração pública (A3P), da compostagem de resíduos sólidos urbanos, da educação ambiental no ensino formal, do uso de geotecnologias na gestão do ambiente, da coleta de sementes e produção de mudas de espécies nativas, da arborização em área urbana, do cadastro e do monitoramento de projetos de restauração ecológica no SARE e das operações mecanizadas em áreas de restauração ecológica.

O documento, produzido pelos gestores públicos e por eles apresentado em reunião ordinária do Convênio Intermunicipal, é de grande importância, pois revela a real necessidade dos gestores em construir conhecimentos sobre diversos temas, com foco na gestão do ambiente em seus municípios⁵.

Curso B

O curso B foi organizado em três etapas: i) oficina preparatória; ii) curso à distância organizado em cinco módulos; iii) oficina de encerramento.

A oficina preparatória foi realizada de modo presencial ao longo de um (1) dia, no Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (IBILCE/UNESP). Foram tratados os seguintes tópicos: histórico de degradação, conservação e restauração da vegetação nativa na região noroeste paulista; apresentação das principais fisionomias florestais dessa região; conceitos básicos de ecologia para a conservação da vegetação nativa; a estrutura e o conteúdo do curso. Ficou definido o AVA *Moodle* como plataforma virtual de apoio à realização do curso. Para encerramento da oficina, foram convidados gestores públicos que integraram o grupo participante do Curso A, para um diálogo com os participantes do Curso B. Quatro gestores participaram desse encontro, no qual foram apresentadas e discutidas as atribuições da gestão do ambiente pelo poder público municipal, as dificuldades enfrentadas e as estratégias assumidas pelos municípios para a conservação da vegetação nativa no noroeste paulista e o papel

⁵ Mais detalhes sobre o desenvolvimento e os resultados dessa atividade formativa podem ser encontrados em Camargo (2018).



Figura 10. Atividade prática em campo. Fonte: Renan Pinton de Camargo, (A) 2017 e (B) 2019. Nota: Fig. 10A - Curso A. Fig. 10B - Curso B

da sociedade na conservação e recuperação do ambiente.

Como resultado da atividade, pôde-se discutir diversas questões sobre a gestão do ambiente em território local, das múltiplas funções exercidas pelos gestores ambientais, da complexidade das normas que tratam da gestão do ambiente e da inobservância da gestão do ambiente em território rural, pelo poder executivo municipal.

Os gestores ambientais revelaram desconforto durante o processo de declaração das informações ambientais dos imóveis rurais de pequenos produtores para o Cadastro Ambiental Rural. Embora a LPVN determine que o poder público auxilie os pequenos produtores rurais no processo, foi revelada a inexistência de conhecimento pelos produtores rurais sobre as regras de proteção da vegetação nativa. Assim, os gestores, mesmo não tendo realizado visitas técnicas aos imóveis rurais, foram obrigados a declarar as informações ambientais a eles relacionadas, mesmo de modo incerto, o que poderia incorrer, até mesmo, em infrações contra a Administração Ambiental, conforme trata a Lei Federal nº 9.605/1998 (Brasil, 1998).

O curso à distância foi realizado em cinco módulos, à semelhança do Curso A. A atividade prática em campo, que constituiu o Módulo 5, ocorreu na FENP, ao longo de um dia (Fig. 10B). Pôde-se identificar oito elementos-chave dessa ação formativa, segundo a avaliação dos participantes. Para cada um dos elementos, seguem trechos selecionados de depoimentos dos professores.

i) desenvolvimento de atividade didática em campo

O curso ofereceu muito repertório conceitual. O trabalho de campo e o acesso ao museu foram extremamente satisfatórios [sic]. Considero como positivo o material disponibilizado e o dia de campo. Foi enriquecedor tanto no aspecto do conhecimento florestal como do estudo do relevo e de solo [sic].

ii) desenvolvimento de práticas didáticas diferenciadas

Esta semana trabalhei o documento ‘Carta dos Povos do Cerrado’, que consta do caderno do aluno do 7º ano. Pretendo, nas próximas aulas, conscientizar os alunos acerca da existência de legislações para proteção e restauração de todos os tipos de formações vegetais do Brasil [sic]. Depois que comecei a fazer o curso já realizei dois projetos em parceria com a Prefeitura Municipal. As ações foram tão exitosas que chegaram a ser publicadas no jornal. Os alunos relataram que essas experiências foram maravilhosas [sic].

iii) formação continuada em temáticas ambientais

Espero adquirir novos conhecimentos sobre os diferentes biomas aos quais tenho contato para modificar minhas práticas sobre eles com a finalidade de continuar a contribuir com a sua preservação, me inteirando dos subsídios legais e humanos no controle de práticas inadequadas [sic]. É muito importante a formação continuada [sic].

iv) aprendizagem de conceitos técnicos

O conteúdo disponibilizado acrescentou muito à minha formação [sic]. Me sinto mais seguro para falar desse assunto com meus alunos e realizar aulas práticas [sic]. Ter conhecimento técnico sobre a restauração ecológica favoreceu o trabalho em sala de aula [sic]. Pude trocar experiências com colegas de outras unidades escolares, o que foi enriquecedor [sic].

v) reconhecimento do meio geobiofísico e de situações de degradação ambiental;

A cabreúva é uma das espécies vulneráveis do Bioma Mata Atlântica indicada na lista de espécies para restauração ecológica em São Paulo [sic]. Observei também que nossa região é um caso muito sério com relação à falta de cuidados com a fauna e flora nativa [sic].

vi) uso de ferramentas de geotecnologia;

O programa *Google Earth* oportuniza ao usuário a possibilidade de explorar informações, estabelecer relações, fazer análises e, dessa forma, obter conhecimento [sic]. Conhecer o território, as características do bioma local e identificar áreas a ser restauradas [sic]. É possível fazer um reconhecimento detalhado da área a ser restaurada [sic].

vii) interação e diálogo entre professores e gestores públicos;

Os momentos de discussão foram enriquecedores [sic]. Penso que seja necessária uma ampla discussão com setores educacionais estaduais e municipais, secretarias municipais, proprietários rurais, além de outras áreas de interesse [sic].

viii) diálogo e reflexão sobre significância e alcance das normativas ambientais;

Não encontrei correlação exata de quais órgãos são responsáveis pela aplicação das leis, especialmente, no caso da resolução sobre restauração ecológica [sic]. As nascentes também precisam de restauração, mas há ainda alguma dificuldade por conta da atuação de alguns proprietários rurais. Não há ações de proprietários rurais [sic]. As condições do espaço natural e o problema do agronegócio que não permite preservação da nascente do rio, bem como a restauração do manancial [sic]. É relevante lembrar que os pequenos fragmentos são imprescindíveis por abrigar espécies que servem de suporte para a recolonização das áreas originais [sic].

Durante a oficina de encerramento foram apresentados dois vídeos de curta duração sobre iniciativas brasileiras em restauração ecológica e ocorreu a visita ao Museu de Ciências do Sistema Terra, no Ibilce/UNESP, na qual foi apresentado aos professores o acervo de minerais, rochas e fósseis do Museu, que integra espécimes da Geologia local e regional. Na avaliação do curso, os participantes consideraram que ele atendeu ou superou as expectativas.

Discussão: interfaces entre Gestão e Ensino

Frente ao cenário de degradação do ambiente e à demanda por formação continuada para gestores públicos e professores na região noroeste paulista, bem como às normas que disciplinam a regularização ambiental, é possível traçar considerações para uma interface entre Gestão e Ensino, cujo foco esteja na conservação da vegetação nativa.

Para tanto, é possível assumir as seguintes proposições, que decorrem dos referenciais teóricos e práticos apresentados.

- **A LPVN é um referencial importante para o Ensino Básico**

A LPVN contém 84 artigos que tratam, em grande parte, das regras de proteção, recomposição e uso da vegetação nativa, sobretudo em território rural (Brasil, 2012a). Não obstante tal lei tenha sido promulgada em 2012, ainda se encontra limitado o conhecimento sobre seu

conteúdo por diversos setores da sociedade, a exemplo de professores do Ensino Básico, de gestores públicos (Camargo, 2018) e de produtores rurais (Tavares, 2016).

Por ser a principal norma legal que disciplina as ações de conservação e recomposição da vegetação nativa, a LPVN se revela, indubitavelmente, um referencial importante para o ensino de conteúdos relacionados ao uso e à ocupação do território. De forma associada, outros conteúdos também podem ser abordados: por exemplo, o estudo de conceitos de Ecologia oportuniza a compressão de processos de restauração ecológica, disciplinados pela Resolução SMA nº 32/2014 (São Paulo, 2014). Em territórios onde estão instituídas Unidades de Conservação, a exemplo da Floresta Estadual do Noroeste Paulista, considera-se igualmente interessante e significativo o estudo dos Planos de Manejo e do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Brasil, 2000).

Uma mais profunda análise sobre a interface entre a legislação e a educação ambiental é feita por Souza-Fernandes et al. (2024), no capítulo “Diálogos entre as Geociências e o Direito Ambiental para promover a educação ambiental”. Os autores destacam “a premência de se ampliar e realçar o necessário diálogo entre o Direito Ambiental e as Ciências da Terra”, uma vez que a educação ambiental sustenta-se pelo conhecimento e pela valorização do território habitado.

- **O território constitui contexto para aprendizagem**

Menegat & Almeida (2004) consideram que a gestão integrada entre poder público e sociedade é o modelo mais adequado para a conservação do ambiente. Para tanto, segundo os autores, a boa capacidade técnica dos gestores públicos não seria o único aspecto a ser considerado.

Também é necessário que a gestão do ambiente se atente às questões do território local e, nesse sentido, tanto os gestores públicos quanto os cidadãos devem reconhecer que o sistema urbano-social-ambiental possui relações com o sistema natural (Menegat & Almeida, 2004).

Sendo assim, atividades desenvolvidas em ambientes externos à sala de aula (Marques & Praia, 2009) revelam-se importantes para a melhor aprendizagem de conceitos relacionados à proteção da vegetação nativa. Segundo a avaliação dos gestores e dos professores que participaram dos cursos de formação, as atividades realizadas em campo proporcionaram a vivência de situações reais. Para os professores, sua prática docente pôde fazer-se mais segura e contextualizada. Para os gestores públicos, foi revelada a demanda por capacitação em outras temáticas.

Considerações Finais

A gestão da vegetação nativa em um território está disciplinada por um conjunto de normas, sendo que o referencial mais importante é a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, também conhecida como novo Código Florestal. O conhecimento do conteúdo dessas normas faz-se importante para os gestores públicos, sobretudo os que atuam em território local.

Não obstante as normas legais apresentem um conteúdo específico e técnico, as regras e as orientações para o uso e a ocupação do território se revelam elementos importantes a serem tratados no Ensino Básico. A atenção às questões atinentes ao uso e ocupação do território, nomeadamente à proteção da vegetação nativa, constitui ensejo para a formação cidadã.

Por fim, o estudo reitera a necessidade de aproximação entre gestão pública e sociedade, de modo que se constitua e se legitime a gestão integrada do ambiente. O desenvolvimento de atividades formativas envolvendo públicos distintos mostrou-se uma estratégia bastante profícua e multiplicadora.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Brasil. (1827). *Lei de 15 de outubro de 1827. Crêa em cada uma das freguezias e das capellas curadas um Juiz de Paz e supplente*. Brasília, DF: Câmara dos Deputados. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lim/LIM.-15-10-1827.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (1844). *Decreto nº363, de 20 de junho de 1844*. Manda executar o Regulamento sobre o contrabando de Páo-brasil. Brasília, DF: Câmara dos Deputados. URL: <https://legis.senado.leg.br/norma/387249/publicacao/15634223>. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (1934). *Decreto nº23.793, de 23 de janeiro de 1934*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (1965). *Lei nº4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso 26.12.2023.

- Brasil. (1981). *Lei nº6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (1998). *Lei nº9.605, de 15 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (2000). *Lei nº9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (2008). *Decreto nº6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (2012b). *Decreto nº7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (2020). *Boletim SNIF 2020*. 1.ed. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro. URL: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim_SNIF_ed1_2020_vfinal.pdf. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. (2021a). *Lei nº12.651, de 25 de março de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2004). *Mapa de Vegetação do Brasil*. Brasília: IBGE. 1 mapa. Escala: 1:5.000.000. URL: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf. Acesso 26.12.2023.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, Consed, Undime. 651p. URL: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso 26.12.2023.
- Camargo, R.P. (2018). *Formação continuada de gestores públicos: uso de tecnologias de informação e comunicação na gestão ambiental de municípios do noroeste paulista*. Campinas, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

- 219p. (Dissert. Mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.1009961>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).
- Marques, L., & Praia, J. (2009). Educação em Ciência: atividades exteriores à sala de aula. *Terræ Didática*, 5(1), 10-16. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v5i1.8637493>.
- Menegat, R., & Almeida, G. (2004). Sustentabilidade, democracia e gestão ambiental urbana. In: Menegat, R., & Almeida, G. (Org). *Desenvolvimento Sustentável e gestão ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre*. Porto Alegre, RS. Ed. UFRGS, 175-195.
- São Paulo (Estado). Fundação Prefeito Faria Lima. Centro de Estudos e Pesquisas da Administração Municipal (CEPAM). (2009). *Gestão Ambiental Municipal: módulo básico*. São Paulo, SP: [s.n.].
- São Paulo (Estado). Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC). (2011). *Limites das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo*. São Paulo: IGC. 1 mapa. Escala 1:50.000. URL: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/geoserver/datageo/LimiteUGRHI/wfs?version=1.0.0&request=GetFeature&outputFormat=SHAPE-ZIP&typeName=LimiteUGRHI>. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2014). *Resolução SMA nº32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas*. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente. URL: <https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/2016/12/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-032-2014-a.pdf>. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2017). *Resolução SMA nº146, de 08 de novembro de 2017*. Institui o Mapa de Biomas do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente. URL: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2017/11/resolucao-sma-146-2017.pdf>. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2018). *Decreto nº63.455, de 05 de junho de 2018*. Cria a Floresta Estadual do Noroeste Paulista, nos Municípios de São José do Rio Preto e Mirassol, e dá providências correlatas. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. URL: al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2018/decreto-63455-05.06.2018.html. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2019a). *Decreto nº64.131, de 11 de março de 2019*. Altera a denominação da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, dispõe sobre as transferências que especifica, da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, e dá providências correlatas. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. URL: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2019/decreto-64131-11.03.2019.html>. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2019b). *Plano de Manejo da Floresta Estadual do Noroeste Paulista*. São Paulo: SIMA. URL: https://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/511/Documentos/FE_NoroestePaulista/Plano%20de%20Manejo%20da%20Floresta%20Estadual%20do%20Noroeste%20

- Paulista%20290419.pdf. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2020a). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Instituto Florestal. *Inventário Florestal do Estado de São Paulo*. São Paulo: IF. URL: <https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/07/apresentacao-lancamento-inventario-florestal-2020.pdf>. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2020b). *Resolução SIMA nº73, de 16 de setembro de 2020. Altera dispositivos da Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014, que estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas*. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. URL: https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/sites/262/2022/07/2020Resolucao_sima_073_2020.pdf. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Instituto Florestal. (2020c). *Cobertura vegetal nativa por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI*. São Paulo: IF. URL: <https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/07/tabela-ugrhi-inventario-florestal-if-2020.pdf>. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). (2021a). *Resolução SIMA nº81, de 21 de julho de 2021. Estabelece procedimentos Operacionais e os parâmetros de avaliação da Certificação, no âmbito do Programa Município Verde Azul (PMVA)*. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. URL: <https://www.riopreto.sp.gov.br/wp-content/uploads/arquivosPortalGOV/levantamento-multas/resolucao-sima-081-2021-pmva-atualizada-e-revisada-18.06.21-alteracoes-gab-em-15.07.2021-alteracoes-at-20-07-2021-1.pdf>. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC). (2021b). *Limites municipais do Estado de São Paulo*. São Paulo: IGC. 1 mapa. Escala 1:50.000. URL: http://www.igc.sp.gov.br/produtos/arquivos/DIV_MUN_IGC_SP_2021.zip. Acesso 26.12.2023.
- São Paulo (Estado). Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. (2021c). *Mapa da EENP e entorno*. São José do Rio Preto: Ibilce, UNESP. URL: <https://www.ibilce.unesp.br/#!/instituicao/estacao-ecologica-do-noroeste-paulista/mapa-da-ee-np-e-entorno/>. Acesso 26.12.2023.
- Souza-Fernandes, L.C., Fernandes, A.M., & Carneiro, C.D.R. (2024). Diálogos entre as Geociências e o Direito Ambiental para promover a educação ambiental. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2024). *Explorando a Terra na Educação Básica*, volume 2. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra. p. 233-259. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 2). URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/169>. Acesso 27.04.2024.
- Tavares, M. F. (2016). *A percepção dos pequenos proprietários rurais sobre a nova Lei Florestal: um estudo de caso em Amparo, SP*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 201p. (Dissert. Mestrado em Ciências). DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2016.tde-04052016-151424>.

Contributos da Agroecologia para alfabetização científica na Educação Básica

Renan Pinton de Camargo
Maxwell Luiz da Ponte
Joseli Maria Piranha

A Educação Básica brasileira, organizada em Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, prevê o desenvolvimento de aprendizagens essenciais pelos estudantes, as quais estão previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018).

A atual BNCC, homologada em 2018, é o documento oficial utilizado como base para a elaboração de conteúdos curriculares e propostas pedagógicas pelas redes e instituições de ensino (Brasil, 2018), a exemplo do conteúdo curricular elaborado para o Estado de São Paulo — Currículo Paulista (São Paulo, 2019), objeto deste estudo. Ela é considerada inovadora na medida em que propõe “a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento” e uma aprendizagem contextualizada que permita ao aluno utilizá-la “na vida real” (Brasil, 2018, p.15).

De modo prático, os conteúdos curriculares estão a serviço do desenvolvimento das competências gerais da Educação Básica¹ (Brasil, 2018). Dentre essas competências, destaca-se o desenvolvimento de valores e ações necessários à proteção do ambiente em atenção aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) (Brasil, 2018, ONU, 2015). Em relação ao sistema alimentar, a ONU propôs, de acordo com os ODS, metas de sustentabilidade que pretendem a erradicação da fome, o aumento da produtividade agrícola e a garantia da diversidade genética vegetal e animal (ONU, 2015).

Para que tais metas se tornem exequíveis, tem-se indicado a Agroecologia como o referencial que orienta o desenvolvimento de modelos agrícolas sustentáveis, uma vez que o atual sistema agrário tem promovido uma acelerada degradação do ambiente (Garcia & Molina, 2021, Gliessman, 2000, 2018).

1 As dez competências gerais da Educação Básica podem ser acessadas em Brasil (2018).

Objetivos

Uma vez que “cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas [...] incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana” (Brasil, 2018, p.19), tal qual a sustentabilidade na agricultura, o presente capítulo buscou: (a) Realizar o estudo do Currículo Paulista e identificar os objetos de conhecimento e suas habilidades que oportunizem o ensino de Agroecologia; (b) Propor orientações didáticas ao desenvolvimento de tais habilidades.

Metodologia

Quanto ao método da investigação, tratou-se de uma Investigação Descritiva, uma vez que buscou-se estudar e compreender o objeto de investigação (Carmo & Ferreira, 2008), isto é, o Currículo Paulista (São Paulo, 2019). Quanto à técnica de recolha e análise de dados, valeu-se de referenciais metodológicos de Pesquisa Documental (Carmo & Ferreira, 2008). Buscou-se selecionar e interpretar as habilidades contidas nas áreas de conhecimento de Ciências da Natureza e de Ciências Humanas da Educação Básica, nomeadamente do Ensino Fundamental, uma vez que ambas são afins ao campo de estudo da Agroecologia (Gliessman, 2018).

Para a identificação das habilidades no Currículo Paulista e proposição das orientações pedagógicas foi assumido como referencial basilar a obra “Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável” (Gliessman, 2000)².

Glossário de termos e definições

Para facilitar a leitura e a compreensão do texto deste capítulo, seguem apresentadas definições dos principais termos nele utilizados (Táb. 1).

2 Optou-se pela obra de Gliessman (2000) porque esse autor reuniu conceitos essenciais da Agroecologia em um manual completo e de fácil leitura e compreensão, até mesmo para um público pouco familiarizado com termos da Ecologia e da Agronomia. Para que se possa aprofundar o estudo em Agroecologia, sugere-se a leitura das seguintes obras: Legan (2009), para o desenvolvimento de práticas de Agroecologia em escolas; Miccolis et al. (2016) e Steenbock & Vezzani (2013) para a compreensão da estrutura e do funcionamento de Sistemas Agroflorestais.

Tabela 1. Principais termos e definições utilizados neste capítulo. Fonte: Elaborado pelos autores

Termo	Definição
Agroecologia	É “a integração de pesquisa, educação, ação e mudança que traz sustentabilidade para todas as partes do sistema alimentar: ecológica, econômica e social” (Gliessman, 2018, p.599).
Alfabetização científica	A alfabetização é o “conjunto de saberes e fazeres específicos e fundamentais para o desenvolvimento cognitivo e para aprendizagens posteriores” (São Paulo, 2019, p.37). A alfabetização científica, por sua vez, “refere-se ao desenvolvimento de procedimentos e conhecimentos necessários para a pesquisa, a comunicação oral ou por meio de textos escritos em linguagem verbal, multimodais ou multissemióticos das aprendizagens e conclusões durante e ao final dos processos de pesquisa” (São Paulo, 2019, p.37-38).
Áreas do conhecimento	No Ensino Fundamental, as competências estão organizadas em cinco áreas do conhecimento, a saber: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso (Brasil, 2018).
Base Nacional Comum Curricular	É o “documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” (Brasil, 2018, p.7).
Competência	Definida como a “mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (Brasil, 2018, p. 8).
Componentes curriculares	Conjunto de habilidade que visam assegurar o desenvolvimento das competências específicas das áreas de conhecimento (Brasil, 2018). “Ciências” é o componente curricular da área de conhecimento “Ciências da Natureza”. “Geografia” e “História” são os componentes curriculares da área de conhecimento “Ciências Humanas” (Brasil, 2018).
Habilidade	“Expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos alunos nos diferentes contextos escolares” (Brasil, 2018, p.29).
Objeto do conhecimento	Integram as unidades temáticas e são entendidos como “conteúdos, conceitos e processos” (Brasil, 2018, p.28). “Cada objeto do conhecimento se relaciona a um número variável de habilidades” (Brasil, 2018, p.29).
Unidade temática	Define um arranjo de objetos do conhecimento conforme as especificidades dos diferentes componentes curriculares (Brasil, 2018).

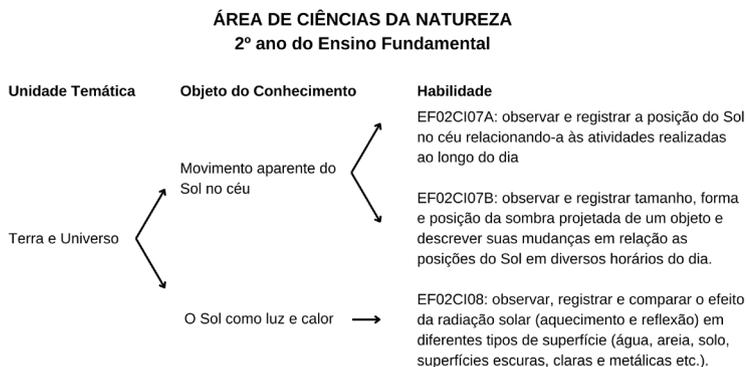


Figura 1. Modelo do organizador curricular do segundo ano do Ensino Fundamental do componente curricular “Ciências” da área do conhecimento “Ciências da Natureza” do Currículo Paulista. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2019).

Nota. Cada habilidade é identificada por um campo alfanumérico. A habilidade “EF02CI07A”, por exemplo, representa: “EF” indica Ensino Fundamental; “02” indica o segundo ano do Ensino Fundamental; “CI” indica o componente curricular Ciências (“GE” indica Geografia e “HI” indica História); “07A” indica a posição da habilidade conforme a numeração sequencial de cada ano escolar

Organizador curricular

Os conteúdos curriculares estão dispostos em um organizador curricular que agrega “unidade temática”, “objeto do conhecimento” e “habilidade”, nessa ordem (Fig. 1).

Currículo Paulista

Após passar por um período de revisões, a versão final do Currículo Paulista para o Ensino Fundamental foi homologada em 2019 (São Paulo, 2019). Dentre as orientações para a alfabetização científica na Educação Fundamental, dá-se especial atenção à vivência em ambientes não formais de aprendizagem e à formação de cidadãos autônomos, conscientes e solidários, que assumam a aprendizagem permanente ao longo de sua vida (São Paulo, 2019).

Conforme aponta Santos (2014) no capítulo “Geociências e Aprendizagem Social: reflexões e possibilidades para a educação no contexto socioambiental”, o estudo das relações sociedade-natureza e o engajamento social em atividades de gestão do território constituem pilares da formação cidadã e do exercício da cidadania.

Componente curricular: Ciências

O ensino de Ciências da Natureza tem por compromisso a formação de sujeitos transformadores que ajam segundo fundamentos científicos e tecnológicos e que se utilizem de procedimentos de investigação científica para a compreensão de seus contextos de vida, constituindo, assim, experiências de aprendizagem (São Paulo, 2019, p.365). O Currículo Paulista de Ciências, assim denominado, possui três unidades temáticas em que se organizam os diversos objetos de conhecimento e suas habilidades, a saber: “Matéria e energia”, “Vida e evolução” e “Terra e Universo” (São Paulo, 2019, p.376).

Componentes curriculares: Geografia e História

As “Ciências Humanas e Sociais Aplicadas” integram os componentes “Geografia” e “História” e possuem como foco a compreensão das relações entre sociedade e natureza através das noções de tempo e espaço (São Paulo, 2019, p.399). Isto é, o raciocínio espaciotemporal consiste na ideia do homem como agente de mudança do espaço em determinada circunstância histórica (São Paulo, 2019, p.400). Ainda, pretende-se desenvolver o “raciocínio geográfico” pelos estudantes, que consiste em “ler e interpretar o espaço geográfico” e “entender as relações entre as sociedades e a natureza em um mundo complexo e em constante transformação” (São Paulo, 2019, p.407).

Dentre os temas transversais considerados, destaca-se, pela afinidade ao presente estudo, a “educação ambiental”, a “educação alimentar e nutricional”, o “desenvolvimento sustentável dos povos e comunidades tradicionais” e a “educação para o consumo” (São Paulo, 2019, p.400-401).

Agroecologia

Há cerca de doze mil anos, a humanidade iniciava o desenvolvimento de sistemas agrários, optando pelo cultivo em detrimento da caça e da coleta de alimento. Desde então, diversos sistemas foram desenvolvidos, incrementando taxas de produtividade que resultaram na atual segurança alimentar (Mazoyer & Roudart, 2010).

Como resultado de sucessivas revoluções agrícolas, o atual sistema agrário está alicerçado no cultivo de espécies vegetais melhoradas gene-

ticamente e em grandes áreas — monoculturas. A alta produtividade de tais cultivos depende, sobremaneira, da fertilidade do solo e da disponibilidade de recurso hídrico. Nesse sentido, pacotes tecnológicos que integram mecanização, fertilização e uso de agrotóxicos têm sido desenvolvidos e amplamente difundidos (OECD & FAO, 2021). Não obstante a alta produtividade resultante de tais modelos, seus impactos no ambiente têm preocupado diversos setores da sociedade, em especial a comunidade científica (IPBES, 2018).

Alternativamente, a Agroecologia se constitui em referencial teórico e prático alicerçado, sobretudo, nas pesquisas em Ecologia, cujo objetivo é ensejar o desenvolvimento de um novo sistema alimentar (Garcia & Molina, 2021). O ensino de Agroecologia consiste, portanto, no estudo e na compreensão das relações entre elementos dos meios biótico e abiótico e no uso de técnicas e tecnologias mais sustentáveis (IPES-Food, 2018).

Conceitos ecológicos

O desenvolvimento de modelos agroecológicos requer o estudo de fatores ambientais que interagem com o desenvolvimento do vegetal — luz, temperatura, precipitação, vento, solo, umidade do solo, fogo, etc., bem como de interações ecológicas em nível de ecossistema³. Em outras palavras, o estudo da Agroecologia requer o estudo de conceitos ecológicos, quais sejam: (a) níveis de organização de um sistema ecológico — indivíduo, população, comunidade e ecossistema; (b) estrutura trófica; (c) ciclagem de matéria; (d) fluxo de energia; (e) e interações entre os organismos.

Para além desse nível de análise, faz-se necessário a compreensão do sistema alimentar. Isto é, que para além da unidade produtiva também sejam estudados os aspectos culturais, econômicos e sociais atinentes à agricultura.

De modo a proporcionar uma leitura mais clara e objetiva deste capítulo, a descrição e o detalhamento de conceitos e exemplos de modelos e práticas agroecológicos estão apresentados ao longo do texto que segue, especificamente nas orientações didáticas.

3 Por definição, o ecossistema é “qualquer unidade que inclua a totalidade dos organismos [...] de uma área determinada interagindo com o ambiente físico por forma a que uma corrente de energia conduza a uma estrutura trófica, a uma diversidade biótica e a ciclos de materiais” (Odum, 2001, p.11).

Contributos da Agroecologia para a Alfabetização Científica

Dentre as habilidades contidas no Currículo Paulista para o ensino de Ciências da Natureza — 141 habilidades — e de Ciências Humanas — 393 habilidades, sendo 213 habilidades em Geografia e 180 habilidade em História — foram identificadas 70 habilidades que possuem afinidade ao campo de estudo da Agroecologia (Tab. 2). Tal quantidade representa, aproximadamente, 13% do total de habilidades dessas duas áreas de conhecimento.

A seguir são descritas 52 sugestões de atividades didáticas para o ensino de Agroecologia, conforme habilidade ou conjunto de habilidades de cada área do conhecimento.

Tabela 2. Quantidade de habilidades identificadas para o ensino de Agroecologia nas áreas de conhecimento Ciências da Natureza e Ciências Humanas. Fonte: Elaborada pelos autores

Ano	Ciências da Natureza	Ciências Humanas: Geografia	Ciências Humanas: História	Total
Primeiro	2	3	0	5
Segundo	3	4	3	10
Terceiro	1	10	5	16
Quarto	4	2	1	7
Quinto	5	4	0	9
Sexto	0	4	1	5
Sétimo	5	4	0	9
Oitavo	1	4	0	5
Nono	2	2	0	4
Total	23	37	10	70

Ciências da Natureza

Para a área do conhecimento Ciências da Natureza foram identificadas 23 habilidades, sendo 15 habilidades nos Anos Iniciais (primeiro ao quinto) e 8 habilidades nos Anos Finais (sexto ao nono) (Tab. 3).

A seguir são apresentadas as orientações didáticas para cada habilidade ou conjunto delas.

Tabela 3. Habilidades identificadas para o ensino de Agroecologia na área de conhecimento Ciências da Natureza. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2019)

Unidade temática	Objeto do conhecimento	Habilidade	
Terra e Universo	- Escalas de tempo	Primeiro ano: EF01CI05 e EF01CI06	
	- Característica da Terra - Usos do solo	Terceiro ano: EF03CI09	
	- Composição do ar - Efeito estufa - Camada de ozônio	Sétimo ano: EF07CI12, EF07CI13A e EF07CI13B	
	- Clima	Oitavo ano: EF08CI16	
	- Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo - Astronomia e cultura	Nono ano: EF09CI15	
	Vida e evolução	- Seres vivos no ambiente	Segundo ano: EF02CI04, EF02CI05 e EF02CI06
		- Cadeias alimentares simples - Micro-organismos	Quarto ano: EF04CI04, EF04CI05, EF04CI06 e EF04CI07
- Diversidade de ecossistemas - Fenômenos naturais e impactos ambientais		Sétimo ano: EF07CI07 e EF07CI18	
- Preservação da biodiversidade		Nono ano: EF09CI13	
Matéria e energia	- Ciclo hidrológico - Consumo consciente - Reciclagem	Quinto ano: EF05CI02, EF05CI03 e EF05CI04	
	- Nutrição do organismo - Hábitos alimentares	Quinto ano: EF05CI15 e EF05CI16	

EF01CI05, EF01CI06 e EF09CI15⁴

(1)⁵ Sugere-se apresentar a relação entre o calendário de plantio e colheita das culturas agrícolas e as estações do ano. Por exemplo, abordar a sazonalidade de precipitação e temperatura e como elas

4 Pode acontecer do conjunto de habilidades integrar diferentes anos escolares. Assim, sugere-se ao docente avaliar a pertinência de cada conteúdo, bem como identificar a melhor estratégia didática conforme seu público-alvo.

5 A numeração inscrita na frente de cada “sugestão” possui apenas propósito de apresentação e organização. Não representa grau de importância das “sugestões”. Assim, ficará a critério do docente identificar e adaptar aquelas sugestões que julgar serem pertinentes ao seu contexto escolar.

condicionam os ciclos de produção dos alimentos. A germinação, o florescimento, o crescimento, a fotossíntese e a respiração das plantas são otimizados em uma faixa de temperatura específica para cada espécie/variedade. Assim, práticas agroecológicas, tais como o plantio consorciado biodiverso e a cobertura do solo com matéria orgânica, favorecem a regulação do microclima em um cultivo agrícola.

- (2) Outra sugestão é a apresentação da agricultura biodinâmica enquanto modelo de produção que considera a influência dos corpos celestes no crescimento vegetal. Como referência, indica-se o calendário biodinâmico e as obras do autor Rudolf Steiner, em complemento aos conceitos que sustentam a Agroecologia.

EF03CI09 e EF04CI06

- (3) O solo é um ecossistema onde ocorrem interações entre elementos bióticos e abióticos. Nesse sentido, o solo é o meio essencial ao desenvolvimento dos vegetais, pois é nele que as plantas desenvolvem suas raízes, absorvem água e nutrientes e interagem com a biota. Alguns atributos do solo, tais como cor, textura, estrutura, consistência e cerosidade, podem ser observados a partir de análises sensoriais, possibilitando, assim, atividades em campo em que se utilizem recursos simples e de baixo custo. A primeira sugestão é realizar a coleta de solos em ambientes distintos, a fim de compará-los, tais como um cultivo agrícola convencional, a exemplo da cana-de-açúcar, e um cultivo agroecológico, a exemplo do sistema agroflorestal (Fig. 2). Outro indicador importante para a avaliação de um solo é a presença de fauna, isto é, fungos, minhocas e outros organismos que atuam na ciclagem de nutrientes e na dinâmica do solo. Em cultivos agroecológicos os solos apresentam, geralmente, maior teor de matéria orgânica e estrutura granular ou grumosa, o que indica a presença e ação de organismos vivos no solo.
- (4) A segunda sugestão é abordar a ação de fungos e bactérias em processos de decomposição da matéria orgânica. O volume de matéria orgânica apresenta tendência de decréscimo em solo intensamente cultivado, e, por consequência, a estrutura grumosa do solo é perdida, sua densidade aparente é aumentada, a porosidade é reduzida e a atividade biológica declina. Assim, a fertilidade



Figura 2. Sistema agroflorestal. Fonte: Renan Pinton de Camargo (2019). Nota. Por definição, Sistema Agroflorestal (SAF) é o “sistema de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes” (São Paulo, 2014, artigo 2º, inciso X)

do solo somente pode ser mantida e restaurada em decorrência de processos ecológicos, especialmente pela decomposição da matéria orgânica. Nesse sentido, uma atividade que pode ser realizada em cultivos agroecológicos é a observação da serapilheira presente no solo e os graus de decomposição desse material em decorrência da ação de micro-organismos. A depender das espécies de fauna detritívora presentes, é possível registrar a presença de corpos de frutificação de fungos.

EF07CI12, EF07CI13A, EF07CI13B e EF08CI16

- (5) É possível ensinar a relação entre o uso e a ocupação do solo e o clima. Sugere-se tratar dos seguintes conceitos: cobertura vegetal, desflorestamento, evapotranspiração, efeito estufa e emissão de gases de efeito estufa pela agricultura. Assim, é possível compreender que a modificação da paisagem, em decorrência de desflorestamento e da expansão agrícola, influencia a evapotranspiração e a emissão de gases do efeito estufa, para além de outras consequências, a exemplo

da alteração da taxa de infiltração de água no solo, erosão acelerada, perda de biodiversidade, entre outros, relações fortemente trabalhadas na Agroecologia.

- (6) Outra sugestão é desenvolver a compreensão da relação entre ação humana e efeito estufa. Sugere-se identificar fontes de poluição atmosférica, tais como a queimada, o uso de combustíveis fósseis, o uso de agrotóxicos e fertilizantes. Ainda, reconhecer os compostos e os elementos que são liberados dessas fontes, bem como suas quantidades. Em contrapartida, sugere-se apresentar as políticas públicas que fomentam a agricultura de baixo carbono em território brasileiro, como também as justificativas para o uso de cultivos agroecológicos em face do impacto no efeito estufa.

EF02CI04 e EF02CI06

- (7) Sugere-se observar e descrever a morfologia vegetal em ambientes externos à sala de aula. A agricultura utiliza diversas espécies e variedades vegetais, sobretudo exóticas e geneticamente modificadas, a exemplo da cana-de-açúcar e do eucalipto. Já no cultivo agroecológico, é priorizado o uso de espécies nativas. Assim, a identificação das características dos vegetais, tais como tamanho, forma, fase de crescimento e local de origem, pode ser realizada nesses ambientes distintos. Em associado, é possível refletir sobre a diversidade de características dos vegetais. Isto é, em monoculturas, os vegetais apresentam características similares e, em policultivos, os vegetais apresentam um amplo conjunto de características morfológicas (Fig. 3).
- (8) Outra sugestão é reconhecer as partes de uma planta, tais como raiz, caule, folhas, flores e frutos. Para tal, sugere-se que se identifique tais partes na própria dieta dos estudantes. Por exemplo, a raiz é a parte comestível da mandioca; o caule (palmito) é a parte comestível da palmeira; a folha é a parte comestível das olerícolas; algumas plantas alimentícias não convencionais (PANC) possuem as flores como parte comestível. Em relação às funções desempenhadas por cada parte, sugere-se abordar os conceitos de ciclo vegetativo e ciclo reprodutivo. A raiz, o caule e a folha são as partes responsáveis pelo crescimento vegetativo das plantas. As flores e os frutos



Figura 3. Horta agroecológica. Fonte: Renan Pinton de Camargo (2018). Nota. Na figura é possível observar a diversidade biológica existente em uma horta agroecológica. As hortaliças são cultivadas de modo intercalado entre si. Destaca-se, também, a cobertura de biomassa vegetal disposta sobre o solo, de modo a favorecer a infiltração e retenção de água pelo solo

são responsáveis pelo ciclo reprodutivo, ou seja, são órgãos reprodutivos. Outro aspecto importante é identificar a diversidade das características — cor, tamanho, formato, textura, odor etc. — entre as partes de diferentes espécies vegetais. Um cultivo agroecológico, a exemplo da agrofloresta, é o local ideal para esta atividade, tendo em vista a diversidade de espécies vegetais cultivadas.

EF02CI05 e EF07CI07

- (9) Considera-se importante apresentar os vegetais como seres autotróficos. Isto é, são seres importantes na transformação de luz solar (energia), água, gases e nutrientes (matéria) em biomassa. Dito de outra forma, os vegetais fixam o elemento químico carbono em moléculas de carboidrato a partir do processo fotossintético, no qual os elementos essenciais são a luz solar, o dióxido de carbono e a água. Portanto, uma reflexão sobre a importância da água e da luz solar na manutenção da vida, tal qual pretendida nesta habilidade, perpassa a compressão da fotossíntese em seres autotróficos. O estudo ecológico da resposta da planta aos fatores ambientais, tais como a luz solar, é um dos fundamentos para a compreensão da Agroecologia.

- (10) Outra sugestão é o estudo do conceito de ecossistema, fundamental para a análise dos agroecossistemas. As condições do ambiente em um ecossistema — precipitação, tipo de solo, temperatura, altitude, disponibilidade de luz solar etc. — devem ser observadas. Por exemplo, uma fisionomia savânica com baixa densidade arbórea possui condições ambientais diferentes de uma floresta tropical densamente povoada. Assim, a proposição de modelos agroecológicos requer o reconhecimento das condições ambientais de um determinado território. A agrofloresta, por exemplo, é, possivelmente, o modelo mais adequado às regiões tropicais, pois a temperatura e a umidade características desses locais permitem altas taxas de desenvolvimento vegetal e altos índices de decomposição da matéria orgânica, associados à enorme biodiversidade presente na região tropical.

EF04CI04 e EF04CI07

- (11) Sugere-se uma atividade em que possam ser observadas as interações ecológicas que ocorrem em cultivos agrícolas distintos, a exemplo de um cultivo convencional e de um cultivo agroecológico. Em relação ao primeiro, podem ser visitados cultivos de cana-de-açúcar e eucalipto. Para o segundo, recomenda-se a visita a um policultivo, a exemplo de um sistema agroflorestal. A atividade consistiria em identificar, em ambos, a presença de fauna e flora, registrando os indivíduos que forem observados. Nesse exercício, é possível abordar conceitos como diversidade, abundância e dominância, além das interações ecológicas que, porventura, estiverem ocorrendo. Após, reconhecer que os vegetais compõem o primeiro nível trófico, isto é, são seres autotróficos. Para tanto, faz-se importante apresentar o conceito de fotossíntese e, assim, descrever a luz solar como fonte primária de energia. Também, identificar os demais níveis tróficos, como os herbívoros e os carnívoros, a fim de se construir um diagrama que represente a cadeia alimentar. Ao final, será possível reconhecer que em um modelo agrícola convencional os níveis tróficos se limitam a poucas espécies. Já no modelo agroecológico, a rica biodiversidade está representada pelas diversas possibilidades de arranjo de espécies em diversos níveis tróficos.

- (12) Sugere-se, também, tratar da ação de micro-organismos na produção de alimentos. Uma estratégia fundamental para cultivos agroecológicos é a reincorporação da biodiversidade na paisagem agrícola, visto que o aumento da diversidade de organismos vivos eleva as oportunidades de interações entre espécies. Exemplo típico são os micro-organismos que possuem relação mutualística com plantas, a exemplo das bactérias fixadoras de nitrogênio que habitam o solo. Tais bactérias, pertencentes ao gênero *Rhizobium*, passam a habitar a célula interna da raiz de plantas leguminosas. Em decorrência da capacidade de tais bactérias captarem o nitrogênio atmosférico e convertê-lo numa forma utilizável pela própria bactéria e também pelas plantas, uma quantidade maior deste nutriente é incorporado na biomassa vegetal, e, por decomposição desta biomassa, incorporada ao solo, incrementando sua fertilidade.

EF04CI05

- (13) A compreensão da ciclagem de matéria e do fluxo de energia em um ecossistema pode ser abordada a partir do conceito de ciclagem biogeoquímica. Primeiramente, é importante compreender que os elementos químicos estão presentes nas diversas esferas terrestres, a exemplo do nitrogênio e do carbono na atmosfera, do fósforo e do cálcio na litosfera, do carbono na biosfera e do hidrogênio e do oxigênio na hidrosfera. A passagem e a transformação desses elementos entre as diversas esferas constituem a ciclagem biogeoquímica. Por exemplo, quem processa a conversão do carbono atmosférico em biomassa são as plantas, que constituem compostos orgânicos, como os carboidratos, mediante fotossíntese. Outros exemplos seriam a decomposição do material vegetal (biosfera) e consequente emissão do carbono (atmosfera) como resultado da respiração de organismos decompositores (biosfera) e a fixação de nitrogênio atmosférico (atmosfera) ao solo (litosfera) pela ação de bactérias (biosfera). Assim, os ciclos biogeoquímicos dos principais nutrientes das plantas, tais como carbono, nitrogênio, oxigênio, fósforo, potássio e enxofre, se relacionam com o manejo agrícola do solo. Para o elemento fósforo, em específico, o manejo da matéria orgânica do solo, prática fundamental em cultivos agroecológicos, induz a liberação desse nutriente para as plantas, visto que a maior parte do fósforo no solo está adsorvido em partículas de argila.

EF07CI18 e EF09CI13

- (14) Sugere-se que sejam visitadas Unidades de Conservação e que se possa ter contato com seus planos de manejo, identificando, se possível, as orientações para uso e ocupação da paisagem pela agricultura. Em algumas categorias de Unidades de Conservação é permitido o uso do solo para o desenvolvimento da agricultura, a exemplo da Área de Proteção Ambiental. Nesses locais, a irrigação de culturas agrícolas é uma prática comum e muito difundida, porém suas consequências se manifestam de distintas formas, a exemplo de erosão do solo, assoreamento de corpos d'água e contaminação dos recursos hídricos. Em contrapartida, os cultivos agroecológicos se beneficiam das condições locais de precipitação, priorizando cultivos biodiversos com espécies adaptadas a tais condições. Em sistema agroflorestais, por exemplo, a cobertura de biomassa sobre o solo favorece a infiltração de água e reduz as perdas por evaporação.
- (15) Sugere-se também identificar o modelo agrícola predominantemente praticado na região e reconhecer suas principais características, a exemplo da área plantada, do ciclo de produção, das épocas de plantio e colheita, das espécies cultivadas, da demanda por recurso hídrico, do uso de fertilizantes e agrotóxicos, dos produtos derivados de sua matéria-prima, entre outros. Para tanto, sugere-se consultar as instituições que atuam em território rural, tais como sindicatos rurais, secretarias de agricultura e meio ambiente, órgãos de extensão rural, entre outros, bem como documentos que apresentam diagnósticos e estudos de impacto ambiental. É possível identificar os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento de tal modelo adotando como referência parâmetros de sustentabilidade em agroecossistema, a exemplo da quantidade de matéria orgânica e a diversidade de micro-organismos no solo, a diversidade e a ocorrência de pragas e doenças em cultivos agrícolas, a infiltração e a percolação da água, as ocorrências de erosão e assoreamento, a contaminação da água por elementos e compostos químicos decorrentes do uso de agrotóxico e fertilizante.

EF05CI02, EF05CI03 e EF05CI04

- (16) Sugere-se relacionar o ciclo hidrológico e o uso de água pela agricultura. O trajeto das moléculas de água entre as esferas terrestres,

e consequente modificação de seu estado físico, pode ser entendido como o ciclo hidrológico. Como atividade, sugere-se reconhecer a ocorrência de água em corpos hídricos, no solo, na biomassa vegetal e na atmosfera, bem como seus estados físicos. Ainda, apresentar o fluxo hídrico entre o solo, a planta e a atmosfera decorrente das diferenças de potencial hídrico existentes em cada meio. Para tanto, é possível abordar o fenômeno de evapotranspiração vegetal e sua relação com a umidade do ar. Neste sentido, também é possível descrever a irrigação de culturas agrícolas como uma prática que almeja disponibilizar água para o crescimento vegetal. Assim, apresenta-se a relação entre irrigação, absorção de água pelas plantas, evapotranspiração e umidade do ar. Em cultivos agroecológicos, a irrigação é uma prática utilizada apenas em condições especiais, visto que a introdução de água em um agroecossistema durante um período seco pode afetar ciclos ecológicos naturais. Por exemplo, uma seca sazonal pode reduzir o acúmulo de pragas e doenças, rompendo os ciclos de vida de tais organismos, o que não ocorreria caso o cultivo fosse irrigado. Portanto, um manejo agroecológico tem por foco a redução da perda de água por evaporação e o aumento do fluxo de água por transpiração vegetal, de modo a otimizar a irrigação.

- (17) Sugere-se também tratar da relação entre cobertura vegetal e proteção dos recursos hídricos. Para tanto, faz-se importante uma atividade em campo que evidencie situações de degradação do ambiente relacionadas à agricultura, a exemplo de erosão do solo e desflorestamento. Em seguida, é possível explicar a origem do processo erosivo e sua relação com a ausência de cobertura vegetal. Pode-se, ainda, identificar as áreas de preservação permanente ao longo de corpos hídricos e de que forma estão sendo impactadas. Por fim, sugere-se refletir sobre a necessidade de ações para a proteção dos recursos hídricos, a exemplo da implantação de modelos agroecológicos. Nesse sentido, cultivos agroecológicos, a exemplo de sistema agroflorestal, são indicados para a preservação e a recuperação de áreas degradadas mediante o plantio de espécies vegetais nativas.
- (18) Outra sugestão é caracterizar o uso da água pela agricultura: qual a quantidade de água utilizada, por quanto tempo e para quais finalidades. Ainda, identificar quais são os instrumentos de gestão dos recursos hídricos, a exemplo da outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Em associado, visitar os órgãos de gestão dos

recursos hídricos, a exemplo do Departamento de Água e Energia Elétrica, do Comitê de Bacia Hidrográfica e de setores municipais de saneamento básico. Por fim, sugere-se refletir sobre o uso de água pela agricultura a partir da observação de dados sobre disponibilidade e consumo hídrico. Como já apresentado, os cultivos agroecológicos se diferenciam da agricultura convencional, principalmente, por preferir o uso de irrigação em favor do manejo da umidade do solo mediante o uso de cobertura de biomassa vegetal, de cultivos biodiversos e de manejo da matéria orgânica.

EF05CI15 e EF05CI16

- (19) Sugere-se uma atividade que busque identificar a dieta de cada estudante, registrando os tipos de alimentos consumidos, se vegetais e frutas, carnes e/ou produto industrializado. Posteriormente, reconhecer o local de produção desses alimentos, se advêm do seu bairro, município, estado, país ou se são importados. Identificar a cadeia produtiva dos alimentos: onde e como são produzidos, se são transportados e se passam por processos de industrialização. Identificar a sazonalidade dos alimentos, isto é, em quais épocas estão disponíveis para consumo. Relacionar tal fato com os preços de mercado registrados ao longo do ano. Elaborar uma dieta a partir de alimentos produzidos no município onde se reside.
- (20) Por fim, sugere-se refletir se a produção agrícola do seu município supre a demanda alimentar de seus habitantes, ou se é necessário importar produtos de outros locais. Tal abordagem faz-se importante quando a Agroecologia é pensada para além do local de cultivo, abrangendo também o sistema alimentar. Nesse sentido, são consideradas duas situações: o maior custo e maior impacto ambiental para se produzir alimentos industrializados e a grande quantidade de energia utilizada para se efetivar a distribuição global de alimentos. Alternativamente, a Agroecologia aponta como caminho a produção e o consumo de alimentos em uma escala local.

Ciências Humanas: Geografia

Para o componente Geografia da área do conhecimento Ciências Humanas foram identificadas 37 habilidades, sendo 23 habilidades nos Anos Iniciais e 14 habilidades nos Anos Finais (Tab. 4).

Tabela 4. Habilidades identificadas para o ensino de Agroecologia no componente Geografia. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2019)

Unidade temática	Objeto do conhecimento	Habilidade
Mundo do trabalho	- Diferentes tipos de trabalho existentes no seu dia a dia	Primeiro ano: EF01GE07
	- Tipos de trabalho em lugares e tempos diferentes	Segundo ano: EF02GE07
	- Trabalho e inovação tecnológica	Quinto ano: EF05GE07
	- Transformação das paisagens naturais e antrópicas	Sexto ano: EF06GE06
	- Produção, circulação e consumo de mercadorias	Sétimo ano: EF07GE06
	- Desigualdade social e o trabalho	Sétimo ano: EF07GE08
	- Cadeias industriais e inovação no uso dos recursos naturais e matérias-primas	Nono ano: EF09GE12 e EF09GE13
Natureza, ambientes e qualidade de vida	- Condições de vida nos lugares de vivência	Primeiro ano: EF01GE10 e EF01GE11
	- Os usos dos recursos naturais: solo e água no campo e na cidade	Segundo ano: EF02GE11A e EF02GE11B
	- Produção, circulação e consumo	Terceiro ano: EF03GE08A e EF03GE08B
	- Impactos das atividades humanas	Terceiro ano: EF03GE09, EF03GE10A, EF03GE10B e EF03GE11
	- Conservação e degradação da natureza	Quarto ano: EF04GE11
	- Qualidade ambiental	Quinto ano: EF05GE10
	- Gestão pública da qualidade de vida	Quinto ano: EF05GE12
	- Biodiversidade e ciclo hidrológico	Sexto ano: EF06GE10 Sétimo ano: EF07GE11
	- Biodiversidade brasileira	Sétimo ano: EF07GE12
Conexões e escalas	- Experiências da comunidade no tempo e no espaço	Segundo ano: EF02GE04
	- Paisagens naturais e antrópicas em transformação	Terceiro ano: EF03GE04
	- Relação campo e cidade	Quarto ano: EF04GE04
	- Território, redes e urbanização	Quinto ano: EF05GE04
	- Relações entre os componentes físico-naturais	Sexto ano: EF06GE04A e EF06GE05
O sujeito e seu lugar no mundo	- Corporações e organismos internacionais e do Brasil na ordem econômica mundial	Oitavo ano: EF08GE06, EF08GE07, EF08GE09 e EF08GE10
	- A cidade e o campo: aproximações e diferença	Terceiro ano: EF03GE01, EF03GE02 e EF03GE03

A seguir são apresentadas as orientações didáticas para cada habilidade ou conjunto delas.

EF01GE07, EF02GE04, EF02GE07, EF03GE01, EF03GE02, EF03GE03 e EF03GE04

- (21) Sugere-se que os estudantes identifiquem os indivíduos e os coletivos que atuam na agricultura. Por exemplo, as pessoas em sua família, vizinhança ou até mesmo os coletivos que atuam em atividades extrativistas. Para estas, sugere-se apresentar a extração de látex e a coleta de frutos, por exemplo a castanha-do-Pará e o açaí, realizadas em florestas setentrionais brasileiras, ou a pesca realizada por comunidades ribeirinhas. Sobre as atitudes relacionadas à conservação da natureza por estes coletivos, recomenda-se a leitura de orientações contidas em instruções normativas do Ministério do Meio Ambiente, a exemplo dos períodos de defeso para a pesca, ou em Planos de Manejo caso os locais estejam inseridos em Unidades de Conservação. O enfoque agroecológico encoraja uma abordagem biorregional da agricultura mediante o reconhecimento dos ecossistemas locais e das culturas adaptadas a eles.
- (22) Em associado, sugere-se identificar se existem comunidades tradicionais em seu município e região. Ainda, quais os modelos de agricultura praticados por elas, observando características como: tipos de cultivo, insumos utilizados, modo de comercialização, mão de obra empregada, ações para conservação de solo e da água e tecnologias utilizadas. Como já apresentado, os agroecossistemas tradicionais são experiências que fomentam os estudos em Agroecologia, sobretudo por desenvolverem seus cultivos agrícolas conforme as condições do ecossistema local.
- (23) Sugere-se, também, apresentar os diferentes sistemas agrários surgidos ao longo da história da agricultura e como seus modelos produtivos foram adaptados às condições do ambiente. Por exemplo, técnicas mais avançadas de irrigação desenvolveram-se em locais com escassez hídrica; em áreas declivosas foram desenvolvidos plantios em terraços; em florestas, as comunidades viviam da caça, da coleta e de plantios em clareiras. Ainda, pode-se investigar quais tipos de agricultura tradicional ainda são praticados, a exemplo do extrativismo e da pesca. Um princípio geral da Agroecologia é:

“quanto maior a similaridade estrutural de um agroecossistema com os ecossistemas naturais existentes em sua região biogeográfica, maior a possibilidade de que o agroecossistema seja sustentável” (Gliessman, 2000, p.568). Nesse sentido, grande parte do conhecimento sobre cultivos agroecológicos deriva do estudo de agroecossistemas tradicionais, que possuam, entre tantas características, a adaptação às condições locais ao invés da alteração ou controle intensivo do ambiente.

- (24) Outra sugestão é apresentar a história da agricultura em território paulista, a exemplo da cafeicultura, da pecuária e do cultivo de cana-de-açúcar. Para tanto, pode-se pesquisar sobre a expansão da agricultura, a redução da cobertura florestal e o aumento da população em área urbana ao longo das últimas décadas em seu município e região. Cada agroecossistema desenvolve-se no contexto de uma ampla base social e ecológica, isto é, conforme o contexto social e o ecossistema natural. Para a Agroecologia, um agroecossistema sustentável desenvolve-se quando ambos os componentes se combinam em um sistema cuja estrutura e função reflitam a “interação do conhecimento e das preferências humanas com os componentes ecológicos do agroecossistema” (Gliessman, 2000, p.601).

EF05GE07

- (25) Sugere-se tratar do contexto sucroenergético no Estado de São Paulo, maior produtor nacional de etanol produzido a partir da cana-de-açúcar. Sua cadeia produtiva é considerada uma matriz energética renovável, visto que a biomassa vegetal da cana-de-açúcar pode ser cultivada em ciclos sucessivos. Sugere-se, ainda, refletir sobre a oferta e a demanda desse produto, em escala nacional e global. Este é um ponto crucial do debate sobre a substituição da agricultura convencional por cultivos agroecológicos. Considerando que uma parte significativa do território paulista é ocupada por cana-de-açúcar, e há uma grande demanda por seus produtos — álcool e açúcar —, convém refletir sobre o modo de se efetivar a transição agroecológica do setor sucroenergético sem prejuízo da oferta de tais produtos. Nesse sentido, o sistema orgânico de produção se aproxima dos cultivos agroecológicos no instante em

que define regras para o uso de agrotóxicos, fertilizante e proteção da cobertura vegetal nativa.

EF06GE06 e EF07GE06

- (26) Sugere-se a leitura de mapas que ilustrem a modificação de uso e ocupação do solo ocorrida ao longo das últimas décadas. Neste sentido, a análise da transformação das paisagens pela agricultura vale-se do uso de ferramentas de Geomática, a exemplo do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Poderá ser notado que as modificações na paisagem rural se caracterizam pela ampla difusão de monoculturas, em especial pela pecuária e pela cana-de-açúcar. A Agroecologia, por sua vez, propõe o desenvolvimento de cultivos biodiversos. Assim, ficará notório que a expansão agrícola ocorreu em detrimento da conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade.
- (27) Nesse sentido, sugere-se também abordar a relação entre uso de recursos naturais, produção agrícola e impacto ambiental a partir da comparação entre agricultura convencional e agroecologia. A agricultura convencional ocupa extensas áreas e possui o propósito de produzir e exportar *commodities*. Sua produção está baseada em tecnologias que visam incrementar a produtividade dos cultivos, a exemplo da fertilização, do uso de agrotóxico, da irrigação, do uso de variedades melhoradas geneticamente e da agricultura de precisão. A agroecologia faz uso dos recursos naturais a partir de uma perspectiva ecológica. Isto é, são priorizados cultivos biodiversos e que respeitam as regras da agricultura orgânica.

EF05GE04, EF07GE08, EF08GE06, EF08GE07 e EF08GE09, EF09GE12 e EF09GE13

- (28) Sugere-se refletir sobre a modernização da agricultura e sua participação no crescimento da economia nacional e global. Ainda, pensar sobre os benefícios do atual modelo agrícola, como o acesso facilitado aos diversos produtos e a produção em larga escala. Em contrapartida, refletir sobre os impactos decorrentes do uso de agrotóxicos e fertilizantes, da perda de biodiversidade e do uso de organismos geneticamente modificados.

- (29) Sugere-se, ainda, tratar sobre a modificação ocorrida no mundo rural ao longo dos últimos anos à luz dos modelos agrícolas assumidos e do consumo crescente de alimentos pela população residente em centros urbanos. Ainda, pensar sobre os motivos pelos quais a segurança alimentar ainda não foi atingida, mesmo tendo havido incrementos expressivos de produção agrícola. Uma vez que a proposta agroecológica se baseia na produção local, refletir se a segurança alimentar poderia ser atrelada à mitigação de impactos ambientais.
- (30) Outra sugestão é a identificação tanto de regiões em que a agricultura é a principal atividade econômica quanto de regiões que apresentam altos índices de urbanização. Assim, é possível refletir sobre as relações de produção e consumo de alimentos entre regiões agrícolas e grandes centros urbanos. Os sistemas alimentares locais estão inseridos no sistema alimentar global, e, embora tal cenário traga benefícios aos consumidores, a Agroecologia alerta sobre consequências negativas para a sustentabilidade da agricultura, a destacar a grande quantidade de energia requerida para transporte de produtos agrícolas entre regiões longínquas.
- (31) Por fim, sugere-se compreender o sistema alimentar à luz da integração econômica entre países. Diversas organizações internacionais atuam no mercado agrícola, tais como a Organização Mundial do Comércio (OMC) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Sugere-se identificar como o mercado de *commodities* se desenvolve em todo o mundo; identificar como se dá o movimento de produtos agrícolas entre o Brasil e outros países; relacionar a demanda global por alimentos e a necessidade de expansão territorial para aumento da produção agrícola; por fim, refletir sobre o fato de o agronegócio brasileiro ser considerado provedor de alimento ao mundo, contribuindo, assim, para a erradicação da fome. A transição para um sistema produtivo agroecológico requer, para além do aperfeiçoamento do modelo agrícola, mudanças nas estruturas e relações sociais envolvidas da produção, distribuição e consumo de alimentos. Nesse sentido, umas das questões-chave apresentadas é a transformação nos padrões de dieta e de consumo de alimentos, fato que possui relação direta com o suprimento e a produção de alimentos. Para

a Agroecologia, o manejo agroecológico demanda que o agricultor assuma uma visão de longo prazo, equilibrando a priorização por rendimentos e lucros crescentes.

EF01GE10, EF02GE11A, EF02GE11B, EF03GE09, EF03GE10A, EF03GE10B, EF05GE10, EF06GE04A, EF06GE05 e EF06GE10

- (32) Sugere-se identificar os episódios de alta precipitação que, porventura, coincidiram com cheias e inundações. Assim, é possível refletir sobre o impacto da agricultura na modificação da paisagem e, conseqüentemente, na capacidade de infiltração da água da chuva. Nesse sentido, a Agroecologia argumenta a favor do manejo da umidade do solo, em especial por meio de práticas que favorecem a infiltração e a percolação da água, a exemplo da cobertura vegetativa sobre a superfície, o manejo de matéria orgânica e preservação da biota do solo.
- (33) Em associado, sugere-se a identificação de características dos processos de infiltração e escoamento superficial da água em cultivos agrícolas. É possível observar em um cultivo monocultural que a infiltração de água no solo é prejudicada em virtude da compactação do solo e, conseqüentemente, o escoamento superficial ocorre em maior velocidade e intensidade. Já nos cultivos agroecológicos biodiversos, a infiltração de água no solo é favorecida, contribuindo para a conservação da umidade do solo, aspecto importante para o crescimento vegetal.
- (34) Sugere-se, também, identificar a origem dos recursos hídricos utilizados na irrigação, se superficiais e/ou subterrâneos, bem como a quantidade de água utilizada. Será possível notar que a agricultura convencional utiliza grandes volumes de água para suprir a necessidade hídrica dos cultivos. A Agroecologia, por sua vez, considera que a irrigação é uma prática a ser otimizada, visto que seus impactos no ambiente provocam sérios danos, como já apresentado.
- (35) Ainda, sugere-se compreender que a água é um recurso natural utilizado em toda a cadeia produtiva da agricultura. Por exemplo, na produção de etanol e açúcar, ou de celulose e papel, a água é utilizada não somente via irrigação, como também por toda a agroindústria. Faz-se importante identificar a quantidade e a qualidade da água

utilizada, bem como o efluente gerado, nas principais atividades agrícolas em sua região. A Agroecologia argumenta a favor do uso otimizado da água e da proteção dos solos, aspectos importantes de um ciclo hidrológico. Para tanto, sugere um cultivo biodiverso, a incorporação da matéria orgânica no solo e a proteção do solo por cobertura de biomassa vegetal.

- (36) Outra sugestão é identificar quais as principais fontes de poluição hídrica em território rural e quais as tecnologias utilizadas para a mitigação dos impactos. A redução/eliminação do uso de agrotóxicos e fertilizantes, tal qual priorizado pela Agroecologia, minimiza os riscos de poluição hídrica. Alternativamente, indica-se o manejo da matéria orgânica do solo de modo a favorecer os ciclos biogeoquímicos e a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

EF01GE11, EF03GE08A, EF03GE08B, EF04GE04 e EF08GE10

- (37) Sugere-se desenvolver uma atividade na qual sejam identificados os principais alimentos consumidos ao longo do ano e se tais alimentos apresentam sazonalidade em sua colheita e comercialização. A Agroecologia argumenta a favor de um cultivo agrícola que respeite a adaptabilidade de espécies/variedade vegetais às condições do ambiente.
- (38) Sugere-se, ainda, identificar as hortas e feiras de alimentos situadas em seu município; identificar os resíduos gerados nos processos de produção e consumo de alimentos. Como atividade prática, sugere-se a visita aos armazéns de acomodação e comercialização de alimentos, a exemplo das unidades da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP). A Agroecologia coloca-se preocupada com a eficiência energética dos sistemas de produção de alimentos e, nesse sentido, propõe a redução do uso de energia no setor agrícola pela regionalização da produção, de modo que produtores e consumidores criem contatos diretos e próximos.
- (39) A agricultura integra a economia global e através dela circulam informações, recurso monetário, pessoas e produtos. Para tanto, sugere-se, ainda, identificar em seu município quais produtos agrícolas são produzidos em território local, quais destes são comercializados localmente e quais são exportados para outros locais. Ainda, reconhecer os locais de comercialização de alimentos, a exemplo de

supermercados, feiras e da Comunidade que Sustenta a Agricultura (CSA). Como já apresentado, a Agroecologia argumenta a favor da produção e do consumo de alimentos em nível local, de modo que as relações entre os grupos de produtores e de consumidores se torne mais direta e próxima.

- (40) Por fim, sugere-se identificar as principais e mais representativas instituições da sociedade civil que atuam em questões que envolvem a agricultura: identificar quais suas pautas, como atuam, quais suas estratégias de ação e qual o alcance de sua representatividade. Para tanto, indica-se reconhecer as iniciativas exitosas de cooperativismo, a exemplo da Rede de Agroecologia Ecovida. O enfoque agroecológico prioriza uma abordagem biorregional da agricultura, de modo que os agricultores desenvolvam um interesse próprio em relação à integridade ecológica a longo prazo do agroecossistema.

EF03GE11, EF04GE11, EF05GE12, EF07GE11 e EF07GE12

- (41) Sugere-se identificar e visitar pontos de erosão situados em território rural e relacionar os processos erosivos à retirada de cobertura vegetal e ao preparo intensivo do solo pela agricultura. Ainda, relacionar os processos erosivos ao assoreamento de corpos hídricos. A agricultura convencional depende de cultivo do solo extensivo e recorrente que envolve, geralmente, aração e gradagem para revolvimento do solo, preparo para semeadura e controle de ervas daninhas. Alternativamente, a Agroecologia sugere a técnica de plantio direto em que o cultivo do solo fica limitado à linha das sementes/plantas e é realizado apenas na época do plantio. Em sistema agroflorestais, por exemplo, a constante cobertura vegetal sobre o solo cria condições para sua proteção contra fatores erosivos, a destacar o favorecimento da infiltração da água.
- (42) Em associado, sugere-se apresentar as áreas de proteção ambiental em território rural, definidas segundo a Lei Federal nº 12.651/2012, sendo elas: Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). As APP são delimitadas ao longo de rios, ao redor de nascentes e lagos naturais, em topos de morro, em áreas com declividade superior à 45°, entre outros. Já a RL é a vegetação nativa delimitada para além dos limites da APP. Por fim, sugere-se refletir sobre a

proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade e seus benefícios ecossistêmicos, sobretudo para a agricultura. Nesse sentido, o sistema agroflorestal é considerado um excelente modelo de cultivo agroecológico por priorizar a diversidade de espécies vegetais e a cobertura arbórea, favorecendo a proteção dos recursos hídricos e edáficos.

- (43) Outra questão importante é a identificação das características morfoclimáticas da região. Sugere-se apresentar o zoneamento agroambiental da cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e identificar quais os riscos ambientais associados às diferentes zonas. Ainda, buscar informações sobre a disponibilidade e a potabilidade hídrica, a erodibilidade dos solos, a cobertura vegetal e a biodiversidade do território em que se vive. A Agroecologia argumenta a favor da integridade dos ecossistemas naturais, e, para tanto, enxerga no cultivo agroecológico a conexão entre conservação de *habitat* e produção agrícola, de modo que o manejo da área produtiva sustente a base natural de recursos da qual todos os seres vivos dependem.
- (44) Sugere-se, ainda, reconhecer os órgãos que atuam na gestão da vegetação nativa no Estado de São Paulo, a exemplo da Secretaria de Agricultura e Abastecimento e da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística. As áreas de vegetação nativa podem interagir com as áreas de produção agrícola, servindo de refúgio à biodiversidade e favorecendo, por exemplo, o controle biológico de pragas.

Ciências Humanas: História

Para o componente História da área do conhecimento Ciências Humanas foram identificadas 10 habilidades, sendo 9 habilidades nos Anos Iniciais e 1 habilidade nos Anos Finais (Tab. 5).

A seguir seguem apresentadas as orientações didáticas para cada habilidade ou conjunto delas.

EF02HI10, EF02HI11A, EF02HI11B, EF03HI01A e EF03HI01B

- (45) Sugere-se reconhecer que os cultivos agrícolas impactam os recursos naturais e a biodiversidade. Ainda, reconhecer que os alimentos

Tabela 5. Habilidades identificadas para o ensino de Agroecologia no componente História. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2019)

Unidade temática	Objeto do conhecimento	Habilidade
O trabalho e a sustentabilidade na comunidade	- A sobrevivência e a relação com a natureza	Segundo ano: EF02HI10, EF02HI11A e EF02HI11B
As pessoas e os grupos que compõem a cidade e o município	- O “Eu”, o “Outro” e os diferentes grupos sociais e étnicos que compõem as cidades: os desafios culturais e ambientais do lugar onde se vive	Terceiro ano: EF03HI01A e EF03HI01B
O lugar onde se vive	- A produção dos marcos da memória: a cidade e o campo, aproximações e diferenças	Terceiro ano: EF03HI08
A noção do espaço público e privado	- A cidade, seus espaços públicos e privados e suas áreas de conservação ambiental	Terceiro ano: EF03HI10
	- A cidade e suas atividades: trabalho, cultura e lazer	Terceiro ano: EF03HI11
Transformações e permanências nas trajetórias dos grupos humanos	- A circulação de pessoas e as transformações no meio natural	Quarto ano: EF04HI05
História: tempo, espaço e formas de registros	- As origens da humanidade, seus deslocamentos e os processos de sedentarização	Sexto ano: EF06HI05

consumidos diariamente são produzidos em tais cultivos agrícolas, e, portanto, a dieta pode vir a se constituir em ato de conservação do ambiente. Nesse sentido, a Agroecologia sugere que a agricultura valorize o ser humano bem como os componentes ecológicos da produção de alimentos, a partir da compreensão de que existem relações e interdependências entre cultura e ambiente. Portanto, a humanidade possui a capacidade de direcionar tal coevolução e desenvolver sistemas agrários sustentáveis.

- (46) Em associado, sugere-se identificar os diferentes modelos de produção agrícola existentes em seu município e região, a exemplo da agricultura familiar, hortas urbanas e monoculturas. Os princípios agroecológicos, tais como reciclagem de nutrientes, uso de fontes renováveis de energia, manejo da matéria orgânica do solo, controle biológico de pragas e doenças e uso de espécies/variedades adaptadas às condições ecológicas da unidade produtiva, se efetivam em uma escala relativamente pequena, de modo que seja priorizada a produção de alimentos para consumo regional.
- (47) Outra sugestão é compreender a relação entre modelo agrícola, crescimento populacional e migração da população rural. Um olhar para a escala local e regional permitirá identificar fluxos migratórios entre área rural e urbana, mudanças de modelo agrícola e tipos de alimentos produzidos. Aqui, novamente, o enfoque agroecológico se volta à abordagem biorregional da agricultura e aponta para o cultivo de alimentos que atenda às necessidades locais.

EF03HI08

- (48) Faz-se importante reconhecer que as transformações dos modelos agrícolas estão relacionadas ao desenvolvimento de novas tecnologias, a exemplo da agricultura de precisão. Para tanto, sugere-se identificar as tecnologias que caracterizam os diversos modelos agrícolas praticados ao longo das últimas décadas. É possível consultar, em acervos museológicos e documentos históricos, informações sobre equipamentos e tecnologias utilizados em épocas pretéritas. A Agroecologia não se revela contrária ao avanço das tecnologias e seu uso na agricultura, porém considera que a simples integração entre agroecossistema e tecnologias/insumos convencionais é insuficiente. Para tanto, a abordagem agroecológica integra o estudo do ecossistema natural, de modo que as tecnologias sejam utilizadas para o aperfeiçoamento das práticas de manejo agrícola, sobretudo o manejo da umidade, da matéria orgânica do solo e da biodiversidade.

EF03HI10 e EF04HI05

- (49) A compreensão sobre as áreas de proteção em território rural requer o estudo da Lei Federal nº12.651/2012. Para tanto, sugere-se

identificar, em campo, remanescentes de vegetação nativa localizados às margens de corpos hídricos, constituindo-se em APP. Para a Agroecologia, o manejo agrícola deve se efetivar em nível de paisagem, considerando para além do agroecossistema também os *habitats* naturais, a exemplo dos remanescentes de vegetação nativa.

- (50) Em associado, sugere-se identificar em documentos históricos — mapas, fotografias, aerofotos, imagens de satélite e relatos — a modificação ocorrida no território rural ao longo das últimas décadas. Para tanto, é importante observar as modificações da paisagem, a exemplo da redução da cobertura florestal, da ocorrência de processos erosivos e da degradação do recurso hídrico. Aqui, novamente, é possível enfatizar a abordagem agroecológica sobre a gestão da paisagem, no instante em que os ecossistemas naturais são assumidos como peças-chave na composição da área agrícola produtiva.

EF03HI11

- (51) Sugere-se identificar a rotina dos trabalhadores rurais em diferentes empreendimentos agrícolas. Por exemplo, como é a rotina de trabalho e quais as atribuições profissionais de um trabalhador rural do setor sucroenergético e de um agricultor familiar. O manejo agroecológico também está relacionado com a vida digna e satisfatória dos agricultores, visto que a mão de obra demandada em tal manejo requer um alto grau de conhecimento, discernimento e especialização técnica.

EF06HI05

- (52) Faz-se importante compreender que ao longo da história da agricultura houve diversos sistemas agrários em todo o mundo. Assim, sugere-se identificar os centros de origem e de irradiação da agricultura, bem como suas características; e comparar os modelos agrícolas praticados ao longo da história com o atual modelo, sobretudo em relação aos equipamentos e às tecnologias utilizados. Um ponto importante levantado pela Agroecologia é a dependência das sociedades humanas por poucas espécies de organismos cultivados e de um pequeno número de genes e combinações genéticas encontradas nelas. Alternativamente, os cultivos agroecológicos são

geneticamente diversos, sendo que tal diversidade é produto das mudanças genéticas ocorridas em um ambiente de interação entre as várias populações de fauna e flora.

Considerações Finais

Este capítulo apresentou diversas orientações didáticas que oportunizam a inserção da Agroecologia na Educação Básica. A Agroecologia revelou-se uma referência oportuna à alfabetização científica no Ensino Fundamental, pois possibilita articular habilidades dos componentes curriculares Ciências da Natureza e Ciências Humanas. Ainda, oportuniza a construção e o desenvolvimento de conhecimentos, atitudes e valores científicos, tais como compreender e explicar fenômenos naturais e sociais e pautar decisões individuais e coletivas em informações, métodos e evidências científicas.

Em especial, os princípios e estratégias assumidos pela Agroecologia contribuem para uma alfabetização científica atenta às questões de sustentabilidade no sistema agrário, de modo que o desenvolvimento das habilidades se vincula a temas tais como mudanças climáticas, proteção dos recursos hídricos, recomposição da cobertura vegetal arbórea e manutenção da biodiversidade.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

Referências

- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC. URL: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso 07.02.2024.
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (2008). *Metodologia de Investigação. Guia para AutoAprendizagem*. 2 ed. Lisboa: Universidade Aberta.
- Garcia, D.L., & Molina, M. G. (2021). An Operational Approach to Agroecology-Based Local Agri-Food Systems. *Sustainability*, 13(15), 1-18. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/15/8443>. Acesso 07.02.2024.
- Gliessman, S.R. (2000). Agroecologia: processos ecológicos em agricultura

- sustentável. Porto Alegre: Ed. UFRGS.
- Gliessman, S. R. (2018). Defining Agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 599-600. doi: <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329>. Acesso 07.02.2024.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES. (2018). *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. Bonn, Alemanha: Secretariat of the IPBES. URL: <https://ipbes.net/assessment-reports/ldr>. Acesso 07.02.2024.
- International Panel of Experts on Sustainable Food Systems. IPES-Food. (2018). *Breaking away from industrial food and farming systems: Seven case studies of agroecological transition*. [S.l.]: IPES-Food. URL: https://www.ipesfood.org/_img/upload/files/CS2_web.pdf. Acesso 07.02.2024.
- Legan, L. (2009). *Criando habitats na escola sustentável: livro de Educador*. Pirenópolis, GO: Ecocentro IPEC. URL: <https://biblioteca.consumoresponsavel.org.br/files/original/ccfd72208e4c8c9a31a60b-2c18292c2.pdf>. Acesso 07.02.2024.
- Mazoyer, M., & Roudart, L. (2010). *História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea*. São Paulo: Ed. UNESP. Brasília, DF: NEAD.
- Miccolins, A., Peneireiro, F. M., Marques, H. R., Vieira, D. L. M., Arco-Verde, M. F., Hoffmann, M. R., Rehder, T., & Pereira, A. V. B. (2016) *Restauração Ecológica com Sistema Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga*. Brasília: ISPN/ICRAF. URL: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069767/restauracao-ecologica-com-sistemas-agroflorestais-como-conciliar-conservacao-com-producao-opcoes-para-cerrado-e-caatinga>. Acesso 07.02.2024.
- Odum, E. P. (2001). *Fundamentos da Ecologia*. 6 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), & Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*. Paris: OECD Publishing. doi: <https://doi.org/10.1787/19428846-en>. Acesso 07.02.2024.
- Organização das Nações Unidas. ONU. (2015). *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Brasília, DF: ONU. URL: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso 07.02.2024.
- Santos, V.M.N. (2024). *Geociências e Aprendizagem Social: reflexões e possibilidades para a educação no contexto socioambiental*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra. 300p. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 2). URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/169>. Acesso 27.04.2024.
- São Paulo (Estado). (2014). Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências cor-

relatas. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo.
URL: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-032-2014-a.pdf>. Acesso: 07.02.2024.

São Paulo (Estado). Secretaria de Educação. (2019). *Currículo Paulista*. São Paulo: Secretaria de Educação.

Steenbock, W., & Vezzani, F. M. (2013). *Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza*. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani.
URL: <https://florestasdefuturo.files.wordpress.com/2013/06/agrofloresta-aprendendo-a-produzir-com-a-natureza.pdf>. Acesso 07.02.2024.

Recursos para ensino e divulgação das Ciências da Terra em um polo turístico do Estado de São Paulo, Brasil

Maxwell Luiz da Ponte
Renan Pinton de Camargo
Joseli Maria Piranha

No Brasil, registra-se a carência do conhecimento geocientífico enraizado na maior parte da população, a destacar grupos de profissionais, professores e gestores que atuam nas tomadas de decisão sobre os usos dos recursos naturais e construídos (Carneiro et al., 2019, Ernesto et al., 2018). Em decorrência de tal cenário, mitos e incompreensões sobre os recursos e processos naturais, sobretudo geológicos, são comuns na população em geral e, especialmente, no alunado de todos os níveis escolares (Borba et al., 2015, Pereira, Rios & Garcia, 2016, Ponte, Camargo & Piranha, 2021). Parco reconhecimento, desvalorização e destruição de recursos naturais e construídos podem ser entendidos como consequências dessa carência de conhecimento geocientífico, o que compromete o desenvolvimento socioeconômico aliado à conservação ambiental e patrimonial (Del Lama, 2015, Piranha, Del Lama & Bacci, 2011).

Considerando-se essa circunstância e frente ao histórico de des-territorialização das Ciências da Terra (CT) na educação básica nacional (Toledo, 2005), emergem o papel e a importância da divulgação geocientífica, que compreende o conjunto de estratégias e recursos desenvolvidos e utilizados para oportunizar a aprendizagem das CT pela sociedade em geral em contextos diversos (Guimarães & Lacerda, 2019, Liccardo, Alessi & Pimentel, 2018).

Apesar do crescente número de iniciativas, a divulgação das Ciências da Terra ainda carece de estratégias para seu amplo e efetivo alcance junto à sociedade (Meira et al., 2019). Reconhecendo-se tal demanda, o estudo teve como objetivo o desenvolvimento de recursos para o ensino e a divulgação das Ciências da Terra que integrem e possibilitem o uso de elementos da diversidade geológica, biológica e cultural que compõem paisagens urbanas.

Geocomunicando: Divulgação das Ciências da Terra

No final do século XX, Eerola (1994) destacara os problemas da divulgação e da popularização das Geociências no Brasil como sendo relacionados diretamente à ausência do conteúdo geocientífico na educação básica, nos livros didáticos e na mídia nacional. Entretanto, um aumento significativo nas discussões sobre a importância da pluralidade das estratégias e dos recursos e mídias utilizados para a divulgação das Ciências da Terra foi registrado na primeira década do século XXI (Bacci et al., 2009, Berbert, 2006, Mansur, 2009, Mansur & Nascimento, 2007). Nesse período, uma tendência fortemente observada foram os roteiros geoturísticos, que vinculam atividades de divulgação às de lazer (Nascimento, Ruchkys & Mantesso-Neto, 2008), Unidades de Conservação (Letenski et al., 2009) e ambientes urbano-metropolitanos (Augusto & Del Lama, 2011, Liccardo, Piekarz & Salamuni, 2008, Stern et al., 2006).

Diversas terminologias são encontradas na literatura para referirem-se a essas iniciativas, tais como “popularização das Ciências da Terra” (Mansur et al., 2013) e “divulgação geocientífica” (Liccardo, Alessi & Pimentel, 2018). Mais recentemente, o termo Geocomunicação vem sendo adotado para referir-se ao conjunto de iniciativas de divulgação do conhecimento das Ciências da Terra à sociedade cuja finalidade é favorecer a aprendizagem sobre a Terra, as mudanças de percepção e a conservação ambiental e patrimonial:

A Geocomunicação apresenta uma *visão sistêmica da natureza* ao propor temas que englobam as relações entre elementos da geodiversidade, da biodiversidade e de caráter cultural, resultando assim numa construção socioambiental completa por parte do público [...] *abarca o ambiente enquanto uma relação indissociável entre os elementos abióticos (geodiversidade), bióticos (biodiversidade) e culturais (caracterizado por aqueles frutos das ações humanas)* (Meira et al., 2019, p.392, grifos nossos).

A Geocomunicação busca adequar a linguagem técnica inerente à CT de modo que o público geral possa compreendê-la. Ainda, ela pretende transcender a abordagem puramente biocêntrica predominante na comunicação ambiental, cujo fulcro está em elementos da biodiversidade, integrando a ela os elementos abióticos e culturais, ou seja, promover uma compreensão sistêmica da paisagem (Meira et al., 2019). Boas práticas de ensino e aprendizagem em CT devem

proporcionar aos aprendizes a experiência com ambientes e materiais diversos que incentivem e promovam o acesso ao conhecimento relativo ao lugar e ao patrimônio biogeológico e cultural que integra o contexto onde habitam os sujeitos (Liccardo, Alessi & Pimentel, 2018). Sabe-se que a aprendizagem ao longo da vida é favorecida: 1) pelo uso de recursos locais e midiáticos; 2) mediante a inclusão de aulas de campo como parte das atividades educativas; 3) pelo levantamento de recursos locais pelos professores; 4) a partir da compreensão dos recursos locais e da interface deles com os currículos e as diretrizes; e 5) pelo uso de recursos locais para comunicar os assuntos pertinentes (Behrendt & Franklin, 2014).

As iniciativas são promovidas em ambientes e locais diversos, a exemplo de pontos turísticos em locais frequentados pela população em suas atividades cotidianas, sempre com o compromisso de facilitar o acesso à informação e aproximar o público do conhecimento das Ciências da Terra (Liccardo, Alessi & Pimentel, 2018). Quando em contextos turísticos, as iniciativas são associadas a vertentes diversas, como o turismo cultural, pedagógico, Geoturismo e o ecoturismo, e visam promover junto aos turistas e à comunidade local o reconhecimento, a compreensão e a valorização da Geodiversidade (Moura-Fé, 2015). Dentre as estratégias mais utilizadas, tem-se o uso de materiais informativos tais como painéis e folhetos, guias turísticos ou exposições, e a formação de Guias de Turismo (Nascimento, Ruchyks & Mantesso-Neto, 2008).

Considerando, ainda, as transformações sociais profundas promovidas pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) – os computadores, os *smartphones* e a *internet* banda larga – em escala de tempo cada vez mais rápida e de modo cada vez mais intenso (Vilaça & Araújo, 2016), o uso das tecnologias na educação e Geocomunicação passou a ser essencial. Por meio das TDIC, as informações podem ser apresentadas às comunidades mediante o uso de materiais que combinem registros imagéticos e textos explicativos, como *folders* de mapas temáticos, em versão digital (Liccardo, Alessi & Pimentel, 2018, Rogoski & Liccardo, 2020). O uso de *QR Codes* tem possibilitado a instalação de placas que permitem vincular os lugares com conteúdo *online*, sem requerer instalação de recursos mais onerosos, como painéis (Pombo, 2017, Pombo & Marques, 2019), que são visualmente mais impactantes na paisagem e de difícil manutenção, seja pelas intempéries climáticas ou por ações de vandalismo.

Etapas da Pesquisa, Coleta de Dados e Avaliação

O desenvolvimento da pesquisa foi organizado em duas etapas. A primeira etapa consistiu no levantamento de materiais e informações sobre os contextos natural, social e cultural dos municípios do Circuito das Águas Paulista (CAP).

Foram realizados levantamentos de informações para reconhecimento da região do CAP. Para tanto, foram utilizados preceitos metodológicos da pesquisa documental e bibliográfica. Para a pesquisa documental foram consultados, conforme apontado em Carmo e Ferreira (2008), documentos e publicações oficiais. Obteve-se dados primários fornecidos pelos órgãos oficiais de levantamentos censitários e/ou estudos ambientais, tais como Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil, Departamento de Água e Energia Elétrica do Governo do Estado de São Paulo, Departamento Nacional de Produção Mineral, Institutos Geológicos, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Instituto Nacional de Meteorologia, entre outros. Destaca-se o uso de mapas e bases cartográficas para caracterização física e biótica da área de estudo. Tais mapas e bases também foram empregados para o desenvolvimento de recursos de ensino e Divulgação das Ciências da Terra (DCT).

Além disso, foram realizados trabalhos de campo no território estudado para estudos e levantamentos *in situ*, visando o reconhecimento da área de estudo, registros e recolha de materiais e informações que foram utilizadas para a elaboração dos materiais de DCT.

A segunda etapa consistiu na elaboração de recursos de Geocomunicação para os lugares de aprendizagem elencados. De modo geral, a formatação e a disponibilização dos recursos em forma digital foram priorizadas em relação aos recursos impressos, levando-se em consideração o maior alcance e os menores custos demandados por aquela. Assim, o acervo digital foi organizado em um repositório *online* com possibilidade de acesso via dispositivos tipo *desktop* e dispositivos móveis. Visando potencializar a divulgação e facilitar o acesso aos recursos a partir do uso de dispositivos *mobile*, foram criados *QR Codes* que direcionam os usuários de *smartphones* para o repositório *online*. Além disso, todos os recursos foram elaborados em arquivos com resolução e formatação própria para impressão. Os mapas foram criados em formatos compatíveis com impressões em papel tamanhos A1 ou A0.

Para a elaboração dos recursos didáticos, fez-se uso de registros fotográficos realizados em campo e de imagens de satélite obtidas via uso do *software Google Earth Pro*[®]. O visualizador de mapas do *DataGeo* e o *software QGIS*[®] (versão desktop 3.4.8) foram utilizados para explorar informações geográficas obtidas nas plataformas *DataGeo* e no repositório do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), que possibilitaram caracterização do território a partir de fontes cartográficas diversas. A produção gráfica de figuras tais como diagramas, esquemas, vetores, mapas didáticos e logotipos deu-se por meio de recursos dos *softwares Power Point*[®] e *Adobe Photoshop*[®]. Valeu-se de ambos os programas, também, para editoração e formatação dos arquivos finais dos recursos.

O território de realização da pesquisa

O CAP foi instituído como região turística em 2005 pelo Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento do Polo Turístico do Circuito das Águas Paulista. O CAP compreende os municípios de Águas de Lindóia, Amparo, Holambra, Jaguariúna, Lindóia, Monte Alegre do Sul, Pedreira, Serra Negra e Socorro e visa potencializar o desenvolvimento econômico e social mediante o fortalecimento do turismo na



DATUM: SIRGAS 2000
 Fonte: SÃO PAULO (Estado). Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC). Limites Municipais do Estado de São Paulo. São Paulo: IGC, 2015. 1 mapa. Escala 1:50.000.

Figura 1. Municípios do Circuito das Águas Paulista. Fonte: Elaborado por Renan P. Camargo

região (Fig. 1). O potencial socioeconômico do turismo relacionado aos recursos naturais é destacado devido à proximidade com as regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas.

Caracterização da Geodiversidade Regional

O CAP está localizado no setor central da denominada Província Mantiqueira (Heilbron et al., 2004) e na borda centro-leste da Bacia do Paraná (Almeida et al., 1981). A porção que está compreendida na Província Mantiqueira abarca os municípios de Águas de Lindóia, Serra Negra, Monte Alegre do Sul, Lindóia, Amparo, Socorro, Pedreira e parcialmente Jaguariúna (Brasil, 2006a, 2006b). Nessa porção do território, a geologia caracteriza-se principalmente pela presença de rochas magmáticas e metamórficas, comumente constituindo complexos granito-gnaisses, que datam do pré-cambriano, pertencentes ao Embasamento Cristalino (Heilbron et al., 2004). Além das rochas pré-cambrianas, em Jaguariúna também afloram rochas sedimentares de idades paleozoicas a mesozoicas do Grupo Itararé e rochas magmáticas intrusivas da Formação Serra Geral, pertencentes à Província do Paraná. A geologia de Holambra está relacionada com as formações sedimentares da Bacia do Paraná (Brasil, 2006a, 2006b).

O território do CAP é constituído por paisagens e cenários de destacada beleza cênica (Peixoto, 2010), associados às formas de relevo, predominantemente denudacionais (Ross & Moroz, 1997). O clima na região é subtropical úmido (Cfa, segundo a classificação climática de Köppen), com temperatura média anual de 20,8 °C e precipitação pluvial média anual de 1.451 mm, na média dos últimos dez anos (Abreu et al., 2019).

Em Águas de Lindóia, Amparo, Lindóia, Monte Alegre do Sul, Serra Negra, Socorro e Pedreira, predominam cristas, colinas e morros altos pertencentes ao Planalto Atlântico, associado ao Cinturão Orogênico do Atlântico (Ross & Moroz, 1997). No território dos municípios de Holambra e Jaguariúna predominam formas com dissecação baixa, vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa, pertencentes ao Planalto Ocidental Paulista, associado à Bacia do Paraná (Ross & Moroz, 1997). A altitude média é de 750 metros acima do nível do mar (Abreu et al., 2019), no entanto, considera-se importante apontar que ocorrem altitudes mais baixas na região da Bacia do Paraná e altitudes acima de 1.300 metros próximo à divisa com Minas Gerais, como na Serra Negra, unidade de relevo que ocorre no município de Serra Negra.

Em Águas de Lindóia, Amparo, Lindóia, Monte Alegre do Sul, Serra Negra, Socorro e Pedreira, a geologia regional favorece a ocorrência de águas subterrâneas associadas às fraturas e às discontinuidades de rochas pré-cambrianas e neoproterozoicas que constituem o Aquífero Pré-cambriano (p€), predominante no território de estudo (Peixoto, 2010, São Paulo, 2007). O Aquífero Serra Geral, junto aos diabásios ou intrusivas (Ksgd), também fraturado, associa-se aos diabásios da Formação Serra Geral na região de Jaguariúna. Registra-se também o Aquífero Tubarão (Cpt), relacionado às rochas sedimentares do Grupo Itararé, em Holambra e Jaguariúna (São Paulo, 2007).

Como reflexo do contexto hidrogeológico, destaca-se que dentre os nove municípios que compõem o CAP, seis são intitulados Estâncias Hidrominerais Paulistas, com exceção de Holambra, Jaguariúna e Pedreira. Os municípios fazem uso terapêutico e/ou turístico das águas subterrâneas; além disso, disponibilizam águas minerais em fontanários públicos para que moradores e turistas consumam e/ou envasem as águas. A rede de drenagem no território pertence às bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ), sendo gerenciadas pela Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHi 5), ou à bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu (CBH-Mogi), gerenciada pela UGRHi 9. Todos os corpos hídricos do CAP compreendidos pela UGRHi 5 estão localizados na sub-bacia do Rio Camanducaia. As drenagens de Holambra, Jaguariúna, Monte Alegre do Sul e Pedreira pertencem integralmente à UGRHi 5, enquanto nos municípios de Amparo, Serra Negra e Socorro estão parcialmente inseridas na UGRHi 5 e parcialmente gerenciadas pela UGRHi 9. Amparo possui apenas a região rural contida nesse território. Os principais e mais extensos rios no território são Camanducaia, Jaguari e do Peixe.

A região do CAP é caracterizada por solos predominantemente das classes Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho Amarelos, Gleissolos Háplicos e Neossolos Litólicos (Abreu et al., 2019, Santos et al., 2018, São Paulo, 2017). Nos trabalhos de campo, foi possível identificar, sobretudo em cortes de estradas vicinais, perfis expostos de solos, que possibilitam o estudo da diversidade pedogenética da região. O território dos municípios do CAP abarca vegetação típica do Bioma Mata Atlântica, com predomínio da fitofisionomia Floresta Ombrófila Densa (São Paulo, 2010). Em campo, foi possível reconhecer a ocorrência de Floresta Estacional Semidecidual,

principalmente nos territórios de Holambra, Jaguariúna e Amparo.

Atualmente, a cobertura vegetal é bastante escassa, refletindo o alto grau de desmatamento do Bioma Mata Atlântica (São Paulo, 2020). No que se refere à proteção e à recomposição da cobertura florestal, pode-se reconhecer a atuação de diversos agentes e instituições sociais, proprietários rurais, centros de pesquisa em Ciências Agrárias, com destaque para as iniciativas de restauração ecológica, a exemplo de reflorestamento em área de preservação permanente, em território rural, no município de Socorro.

Acervo Didático

O acervo didático elaborado é composto por materiais informativos, mapas temáticos, roteiros para atividades externas à sala de aula – AESA, jogos e um repositório *online* para organização e disponibilização desses materiais ao público, apresentando configuração compatível com computadores e *smartphones*.

Materiais informativos e mapas temáticos

Os materiais e os mapas temáticos reúnem informações que auxiliam na interpretação e na compreensão dos elementos naturais e histórico-culturais que ocorrem no território. Para elementos da diversidade geológica, os materiais informativos elaborados integram os mapas à fundamentação teórica básica para compreensão dos recursos naturais que ocorrem no território. Para subsidiar práticas pedagógicas e/ou interpretativas relacionadas às unidades de relevo, foram elaborados 10 materiais informativos, cada um constituído pela descrição das formações geológicas e geomorfológicas, associados a projeções tridimensionais das unidades de relevo e seus perfis de elevação e recortes de cartas topográficas.

Além disso, elaborou-se um mapa interativo com os “Lugares de Aprendizagem das Ciências da Terra no Circuito das Águas Paulista” (Ponte & Piranha, 2021), que descreve os elementos da diversidade geológica, biológica e cultural de 48 locais do território do CAP.

Roteiros turístico-educativos

Elaborou-se um roteiro como subsídio a atividades turísticas e educativas na Fazenda da Barra, um dos potenciais lugares de aprendizagem elencados no mapa interativo. A Fazenda da Barra está localizada em Jaguariúna, e é constituída de elementos que remontam ao início da ocupação territorial na região do CAP, em especial à atividade cafeeira,

Tabela 1. Pontos de observação do roteiro “Dia na Fazenda da Barra”. Fonte: Acervo dos autores

Estação	Conceitos abordados	Elementos
Café se faz com água!	Uso dos recursos hídricos Cafeicultura: biologia do cafeeiro Aspectos regionais de clima, relevo e solo Importância histórica do café para o desenvolvimento regional Química do café: componentes e reações	Biológicos Geológicos Históricos Culturais
Sistema Figueira	Conceito de sistemas Sistema Terra e esferas terrestres Interações entre componentes das esferas terrestres, diversidade e manutenção da vida	Biológicos Geológicos
Porão das rochas	Histórico de uso do local Uso dos materiais geológicos em construções Diversidade de rochas e minerais	Geológicos Históricos
Cores, formas e sensações	Solo, componentes, formação, usos, e características dos diferentes tipos de solos	Geológicos Biológicos

como, por exemplo, a casa sede, capela, tulha, casa de máquinas, assim como terreirão de secagem de grãos. O roteiro poderá ser utilizado por moradores e visitantes para uma visita autoguiada na fazenda e integra pontos de observação (Tab. 1).

Para cada estação, foi elaborado um guia com atividades de interpretação. Esses guias poderão ser impressos como *folders* ou acessados em formato digital a partir do repositório (Ponte & Piranha, 2022). Eles trazem instruções e informações necessárias à realização de observações e estudos de elementos da diversidade geológica, biológica e cultural que ocorrem na fazenda.

Jogos

Foram elaborados dois jogos, adaptados a partir de modelos já amplamente utilizados (Camargo et al., 2021), com a finalidade de divulgar os registros fotográficos realizados e informações dos recursos naturais e construídos do CAP. O jogo “Dominó cartográfico” consiste em uma adaptação de um jogo de dominó, em que as peças foram elaboradas com fotos aéreas obtidas no *Google Earth* e fotos registradas durante trabalhos de campo no CAP. Os jogadores têm como objetivos correlacionar as duas fotos para cumprir a dinâmica do jogo. Além de divulgar elementos da diversidade natural e patrimonial do território,

presentes nas ilustrações, podem ser trabalhadas habilidades cartográficas como projeção e perspectivas.

Por sua vez, o jogo da memória “Patrimônio do Circuito das Águas Paulista” foi elaborado utilizando atrativos turísticos e/ou elementos do território do CAP, como monumentos, mirantes, prédios históricos, bosques, dentre outros. Buscou-se favorecer a percepção para tais elementos da diversidade geológica, biológica, cultural e histórica. Ambos os jogos estão disponíveis no repositório online (Ponte & Piranha, 2022).

Repositório *online* e *QR Codes*

Para facilitar e promover maior alcance e amplo acesso ao acervo de recursos elaborados, foi desenvolvido um repositório *online* (Ponte & Piranha, 2022) que integra todos os materiais em interfaces interativas e/ou para *download* em formatos compatíveis com computadores e celulares. O repositório é composto pelas abas “Início”, “Conhecendo o Circuito”, “Materiais informativos”, “Roteiro turístico-educativo” e “Jogos”, cujos conteúdos estão elencados na Tabela 2; o *layout* pode ser observado na Figura 2.

Tabela 2. Conteúdo do repositório online. Fonte: Acervo dos autores

Abas primárias	Abas secundárias	Conteúdo
Início	-	Sobre o circuito; Diversidade natural e cultural do CAP; Sobre o projeto
Conhecendo o Circuito	-	Mapa interativo dos lugares elencados
Materiais informativos	Geologia	Mapa geológico simplificado
	Relevo	Painel informativo “Geomorfologia”
	Mirantes	Painéis “Unidades de relevo”
	Águas superficiais	Painel informativo “Recursos hídricos superficiais”
	Solos	Painel Informativo “Solos”
Águas subterrâneas	Águas subterrâneas	Painel informativo “Recursos hídricos subterrâneos”
Roteiros turístico-educativos	-	Roteiro “Dia na Fazenda” Quatro materiais interpretativos sobre as estações do roteiro
Jogos	-	Arquivos dos jogos dominó cartográfico e jogo da memória para <i>download</i>



Figura 2. Tela inicial do repositório. Fonte: Acervo dos autores

Discussão

Os contributos do uso de acervos didáticos para ensino e divulgação das Ciências da Terra foram apontados por diversos estudos (Almeida, Araújo & Mello, 2015, Bourotte et al., 2014, Souza-Fernandes & Guimarães, 2018). Os acervos, quando utilizados junto à população e em contextos turísticos, possibilitam a compreensão de conceitos básicos pertinentes à alfabetização científica (Liccardo et al., 2015, Liccardo & Pimentel, 2018). Já em contextos formais, os acervos contribuem para a adequada inserção das CT na educação básica, de maneira eficaz e alinhada com as orientações curriculares (Ponte & Piranha, 2018). No ensino superior, eles podem ser utilizados para aprofundamento de técnicas e revisão de conceitos (Liccardo et al., 2015, Waldron, Locock & Pujadas-Botey, 2016). Assim, os recursos poderão ser utilizados para ensino e geodivulgação em unidades de relevo, rios urbanos, afloramentos rochosos e de perfis de solo. Conforme apresenta-se na Tabela

3, os recursos podem ser utilizados também para a Geocomunicação em contextos de Turismo pedagógico, cultural e Geoturismo, no âmbito da Educação Formal e, se impressos, podem ser disponibilizados como Geoprodutos e *Souvenires*.

Tabela 3. Usos possíveis dos recursos elaborados. Fonte: Acervo dos autores

Campo de atividade	Geocomunicação				
	TP	TC	GT	GP	EF
Informativos sobre recursos naturais	■	□	■	□	■
Mapa <i>online</i> interativo	■	■	■	□	■
Mapas temáticos ilustrados	■	□	□	□	■
Jogo temático – dominó	□	□	□	■	■
Jogo temático da memória	□	□	□	■	■
Roteiro turístico-pedagógico <i>Fazenda da Barra</i>	■	■	■	■	■
Repositório <i>Conhecendo o Circuito das Águas Paulista</i>	■	■	■	■	■

Códigos: TP – Turismo pedagógico; TC – Turismo cultural; GT - Geoturismo. EF – Educação Formal. GP – Geoproduto/Souvenir.

Conforme apontam Behrendt & Franklin (2014), os recursos podem ser utilizados para preparar os participantes, durante ou após as atividades. No âmbito de atividades turísticas, os materiais digitais podem ser enviados aos visitantes para que tenham acesso a informações sobre as características do local, o foco do roteiro que será realizado e estarem preparados para um ambiente aberto. Ademais, os livros digitais podem ser armazenados nos celulares dos participantes para serem utilizados durante as atividades didáticas em campo, com fins de complementar as observações de campo com imagens de satélite ou microscópicas, mapas e esquemas, por exemplo.

No que se refere aos materiais informativos sobre os recursos naturais e aos mapas temáticos, diversos estudos apontam a eficácia desses recursos para subsidiar a aprendizagem das CT, mudanças de percepção da diversidade geológica e cultural e por fomentar o turismo vinculado aos elementos da Geodiversidade (Liccardo, Alessi & Pimentel, 2018, Liccardo & Pimentel, 2018, Mansur et al., 2013, Pacheco & Brilha, 2014, Rogoski & Liccardo, 2020). Os roteiros turístico-educativos elaborados podem subsidiar iniciativas de divulgação associadas a atividades de lazer e visitação, com foco

na promoção da diversidade natural e da cultura do território aos moradores e turistas, quer sejam iniciativas que necessitam conciliar as atividades com o currículo escolar, promovidas por professores ou de operadores e guias de turismo pedagógico. O mapa digital interativo possibilita a identificação de locais para desenvolvimento de atividades educativas e de Geocomunicação.

Finalmente, destaca-se que a integração dos materiais em um repositório *online* assume destacada importância por ampliar o alcance da Geocomunicação. Devido aos avanços tecnológicos, a aprendizagem e a divulgação das CT têm sido potencializadas pelas TIDC, alcançando um público cada vez maior (Liccardo, Alessi & Pimentel, 2018), vencendo barreiras físicas e suplantando custos e dificuldades para implantação e manutenção de recursos de Geocomunicação. Em particular, o uso das TIDC tornou-se ainda mais relevantes para a sociedade devido a ocorrência da pandemia de Covid-19, doença infectocontagiosa causada pelo *coronavírus*, (*SARS-CoV-2*), que resultou na adoção de medidas de isolamento social, em todo mundo, para contenção da transmissão viral (Oliveira & Souza, 2020) e ampliou a importância do uso das tecnologias e das múltiplas telas na Geocomunicação.

As TIDC possibilitam a obtenção de informações e o acesso a materiais de Geocomunicação em tempo real e em quase qualquer local, por meio de aplicativos móveis e mapas *online* (Baptista & Moreira, 2017, Bassi, Liccardo & Pimentel, 2018, Legoinha, Graña & Delgado, 2017, Rogoski & Liccardo, 2020). Em especial, destaca-se o uso das plataformas do *Google Maps* e o *Google Earth* eficazes, acessíveis e que se adaptam automaticamente a diferentes aparelhos, como os computadores e os *smartphones* (Rezende & Vieira, 2021).

Considerações finais

Espera-se que o uso do acervo desenvolvido para o ensino e a divulgação das CT seja efetivado junto a atividades turísticas por iniciativas locais. Por facultar a compreensão e a valorização de elementos da diversidade geológica, biológica e cultural que ocorrem no território, o acervo pode contribuir para a conservação desses recursos, que são essenciais para o turismo da região. Consequentemente, a divulgação do conhecimento geocientífico concorre para o fortalecimento e o desenvolvimento econômico e social no polo turístico.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Abreu, H. G. C., Rodrigues, C. A. G., Criscuolo, C., Garçon, E. A. M., & Miranda, J. R. (2019). *Círculo das Águas Paulista: vegetação natural e conservação das nascentes*. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 13, *Anais...* Campinas, São Paulo, 1-11.
- Almeida, C. N., Araújo, C., & Mello, E. F. (2015). Geologia nas escolas de ensino básico: experiência do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Terræ Didática*, 11(3), 150-161. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v11i3.8643643>.
- Almeida, F. F. M., Hasui, Y., Neves, B. B., & Fuck, R. A. (1981). Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sciences Reviews*, 17(1-2), 1-29. DOI: [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(81\)90003-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(81)90003-9).
- Augusto, W. C. B., & Del Lama, E. A. (2011). Roteiro geoturísticos no centro da cidade de São Paulo. *Terræ Didática*, 7(1), 29-40. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v7i1.8637439>.
- Bacci, D. L. C., Piranha, J. M., Boggiani, P. C., Del Lama, E. A., & Teixeira, W. (2009). Geoparque – Estratégia de Geoconservação e Projetos Educacionais. *Geologia USP Publicação Especial*, 5(1), 7-15. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v5i0p07-15>.
- Baptista, L., & Moreira, J. C. (2017). Simbiose entre tecnologia móvel e patrimônio natural: uma proposta pedagógica. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, 10(2), 227-246. DOI: <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2017.v10.6606>.
- Bassi, L. C., Liccardo, A., & Pimentel, C. S. (2018). A geodiversidade do município de Irati, Paraná, e sua inserção no Ensino. *Terr@ Plural*, 12(2), 270-285. DOI: <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v12i2.0008>.
- Behrendt, M., & Franklin, T. (2014). A review of research on school field trips and their value in Education. *International Journal of Environmental & Science Education*, 9(3), 235-245. DOI: <https://doi.org/10.12973/ijese.2014.213a>.
- Berbert, C. O. (2006). Ciências da Terra para a sociedade: o Ano Internacional do Planeta Terra. *Revista USP*, 71, 70-80. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i71p70-80>
- Borba, A. W., Teixeira, K. M., Ferreira, P. F., & Ferreira, P. F. (2015). Concepções de professores de ciências naturais de Caçapava do Sul (RS, Brasil) sobre geologia local: subsídios à educação geopatrimonial. *Terræ Didática*, 11(2), 117-124. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v11i2.8640730>.
- Bourotte, C., Toledo, M. C. M., Duleba, W., Aramaqui, G. T., Campos, L. G. D., & Viana, P. J. (2014). Kit didático “da rocha ao grão” de

- areia. *Terra Didática*, 10(3), 298-304. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v10i3.8637345>.
- Brasil. Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). (2006a). *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:750.000. São Paulo: SGB/CPRM.
- Brasil. Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). (2006a). *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:750.000. *Breve descrição das unidades litoestratigráficas aflorantes no Estado de São Paulo*. São Paulo: SGB/CPRM.
- Camargo, R. P., Ponte, M. L., & Piranha, J. M. (2021). Contribuições de jogos para o ensino de Ciências da Terra: uma revisão da literatura. In: Araujo-Neto, C. L., Marinho, J. C. B., & Ferreira, W. B. *Ciência se faz com Pesquisa*. Campina Grande: Ed. Realize.
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (2008). *Metodologias da Investigação: guia para auto-aprendizagem*. 2 ed. Lisboa: Universidade Aberta.
- Carneiro, C. D. R., Pereira, S. Y., Gonçalves, P. W., & Ricardi-Branco, F. (2019). Geotética e difusão do conhecimento da natureza. *Terra Didática*, 15(1), 1-4. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v15i0.8654694>.
- Del Lama, E. A. (2015). Educação patrimonial e Geoconservação. In: Bacci, D. L. C. (Org.) (2015). *Geociências e educação ambiental*. Curitiba: Ponto Vital.
- Eerola, T. T. (1994). Problemas da divulgação e popularização de Geociências no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 24(3), 160-163. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1994160163>.
- Ernesto, M., Cordani, U. G., Carneiro, C. D. R., Dias, M. A. F. S., Mendonça, C. A., & Braga, E. S. (2018). Perspectivas no Ensino de Geociências. *Estudos Avançados*, 39(94), 331-344. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0021>.
- Guimarães, T. O., & Lacerda, L. S. (2019). Turismo e geodiversidade: bases para educação e valorização do patrimônio natural. In: Seabra, G. (org.). *Terra: Políticas Públicas e Cidadania*. Ituiutaba, Barlavento. p. 709-721.
- Heilbron, M. C. P. L., Pedrosa-Soares, A. C., Campos-Neto, M. C., Silva, L. C., Trouw, R. A. J., & Janasi, S. F. M. (2004). Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., & Brito-Neves, B. B. de. (Orgs). (2004). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca. p. 180-203.
- Legoinha, P., Graña, A. M., & Delgado, A. G. (2017). O papel das novas tecnologias na cartografia geológica, ensino de Ciências da Terra e geoturismo. In: Quintana, A. G., Tonicher, P. C., & Barcenilla, F. B. (Orgs.). (2017). *Los mapas de la naturaleza*, Madrid: Ayregraf.
- Letenski, R., Guimarães, G. B., Piekarz, G. F., & Melo, M. S. (2009) Geoturismo no Parque Estadual de Vila Velha: nas trilhas da dissolução. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, 2, 5-15. URL: https://www.sbe.com.br/wp-content/uploads/2021/07/ptpc_v2_n1_005-015.pdf. Acesso 30.11.2023.
- Liccardo, A., Alessi, S. M., & Pimentel, C. S. (2018) Patrimônio geológico, divulgação e educação geocientífica no estado do Paraná – Brasil. *Terr@ Plural*, 2(3), 404-417. DOI: <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.12i3.0008>.
- Liccardo, A., Piekarz, G. F., & Salamuni, E. (2008) *Geoturismo em Curitiba*.

Curitiba: Mineropar.

- Liccardo, A., & Pimentel, C. S. (2018) Geoturismo urbano: possibilidades para a educação. In: Vieira, A., Figueiró, A., Cunha, L., & Steinke, V. (Eds.). (2018). *Geopatrimônio-geoconhecimento, geoconservação e geoturismo: experiências em Portugal e na América Latina*. Portugal: CEGOT-Uminho. p. 203-218.
- Liccardo, A., Pimentel, C. S., Guimarães, G. B., Pidhorodecki, G., Almeida, S. A., Alessi, S. M., Oliveira, M., & Carneiro, R. T. (2015). Exposição de conteúdos geocientíficos como possibilidade de Educação em Patrimônio Geológico. *Terræ Didática*, 11(3), 182-188. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v11i3.8643646>.
- Mansur, K. L. (2009) Projetos educacionais para a popularização das geociências e para a geoconservação. *Geologia USP, Publicação Especial*, 5, 63-74. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v5i0p63-74>.
- Mansur, K. L., & Nascimento, V. M. R. (2007) Popularización del conocimiento geológico: metodología del proyecto “Caminhos Geológicos”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(1), 77-84. URL: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/107425>. Acesso 30.11.2023.
- Mansur, K. L., Rocha, A. J. D., Pedreira, A., Schobbenhaus, C., Salamuni, E., Erthal, F. C., Piekarz, G., Winge, M., Nascimento, M. A. L., & Ribeiro, R. R. (2013) Iniciativas institucionais de valorização do patrimônio geológico do Brasil. *Boletim Paranaense de Geociências*, 70, 02-27. DOI: <https://doi.org/10.5380/geo.v70i0.31729>.
- Meira, S. A., Nascimento, M. A. L., Medeiros, J. L., & Silva, E. V. (2019). Aportes teóricos e práticos na valorização do geopatrimônio: estudo sobre o Projeto Geoparque Seridó (RN). *Caminhos da Geografia*, 20(71), 384-403, DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG207145790>.
- Moura-Fé, M. M. (2015). Geoturismo: uma proposta de turismo sustentável e conservacionista para a Região Nordeste do Brasil. *Sociedade & Natureza*, 27, 53-66. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-451320150104>.
- Nascimento, M. A. L., Ruchkys, U. A., & Mantesso-Neto, V. (2008). *Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia.
- Oliveira, H. V., & Souza, F. S. (2020). Do conteúdo programático ao sistema de avaliação: reflexões educacionais em tempos de pandemia (Covid-19). *Boletim de Conjuntura*, 2(5), 15-24. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3753654>.
- Pacheco, J., & Brilha, J. (2014). Importância da interpretação na divulgação do patrimônio geológico: uma revisão. *Comunicações Geológicas*, 101(1), 101-107. URL: <https://hdl.handle.net/1822/32722>. Acesso 30.11.2023.
- Peixoto, C. A. B. (2010). *Geodiversidade do Estado de São Paulo*. São Paulo: SGB/CPRM.
- Pereira, R. G. F. A., Rios, D. C., & Garcia, P. M. P. (2016). Geodiversidade e Patrimônio Geológico: ferramentas para a divulgação e ensino das Geociências. *Terræ Didática*, 12(3), 196-208. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v12i3.8647897>.
- Piranha, J. M., Del Lama, E. A., & Bacci, D. L. C. (2011). Geoparks in Brazil: strategy of geoconservation and development. *Geoheritage*, 3(4),

- 289-298. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0043-z>.
- Pombo, L. (2017). *Parque Infante D. Pedro, Patrimônio histórico e botânico: Projeto EduPARK*. Aveiro: Universidade de Aveiro, UA Editora.
- Pombo, L., & Marques, M. (2019). An app that changes mentalities about mobile learning: the EduPARK augmented reality activity. *Computers*, 8(37), 1-33. DOI: <https://doi.org/10.3390/computers8020037>.
- Ponte, M. L., Camargo, R. P., & Piranha, J. M. (2020). *Diversidade geológica, biológica e cultural no território do Circuito das Águas Paulista: caracterização e resultados preliminares*. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 5, *Anais...* Campina Grande, Paraíba, Editora Realize.
- Ponte, M. L., & Piranha, J. M. (2018). Estratégias e recursos educacionais para inserção das geociências na educação básica. *Terræ Didática*, 14(4), 432-438. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i4.8654193>.
- Ponte, M.L., & Piranha, J. M. (2021). *Lugares de aprendizagem no Circuito das Águas Paulista*. Digital. Multiescalas. Publ. 24.10.2021. URL: <https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=10LiGPg3ZZIcodwecjDpRALjRw8Ycro1L&usp=sharing/>. Acesso 30.11.2023.
- Ponte, M. L., & Piranha, J. M. (2022). *ABC do Circuito das Águas Paulista*. URL: <https://repositorioonline.wixsite.com/circuitodasaguas/mirantes/>. Acesso 30.11.2023.
- Ponte, M. L., Camargo, R. P., & Piranha, J. M. (2021). Contributos da Educação em Ciências da Terra para o ensino contextualizado na educação básica. In: Araujo-Neto, C. L., Marinho, J. C. B., & Ferreira, W. B. (2021). *Ciência se faz com Pesquisa*. Campina Grande: Editora Realize.
- Rezende, L. C., & Vieira, A. C. B. (2021). Geogle Maps: Google Maps como ferramenta de ensino de Geociências. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), e021003. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8661509>.
- Rogoski, C. A., & Liccardo, A. (2020). Geopatrimônio de Prudentópolis (PR) e seu potencial para o desenvolvimento do geoturismo. *Terr@ Plural*, 14, e2014890, 1-20. DOI: <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v14.2014890.047>.
- Ross, J. L. S., & Moroz, I. C. (1997). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP; IPT; FAPESP
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo-Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa.
- São Paulo (Estado). Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG). (2007). *Unidades Aquíferas*. Escala 1: 1.000 000. URL: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>. Acesso 30.11.2023.
- São Paulo (Estado). (2010). *Inventário Florestal de 2010*. Escala 1:25.000. São Paulo: Instituto Florestal.
- São Paulo (Estado). (2017). *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado*. São Paulo: Instituto Florestal.
- São Paulo (Estado). (2020). *Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto Florestal. URL: <https://www.>

- infraestruturameioambiente.sp.gov.br/. Acesso 30.11.2023.
- Souza-Fernandes, L. C., & Guimarães, T. O. (2018). Potencial para o desenvolvimento do geoturismo e de geoprodutos na Bacia do Corumbataí em São Paulo, Brasil. In: Vieira, A., Figueiró, A., Cunha, L., & Steinke, V. (Eds.). (2018). *Geopatrimônio-geoconhecimento, geoconservação e geoturismo: experiências em Portugal e na América Latina*. Portugal: CEGOT-Uminho. p. 189-202.
- Stern, A. G., Riccomini, C., Fambrini, G. L., & Chamani, M. A. C. (2006). Roteiro geológico pelos edifícios e monumentos históricos do centro da Cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(4), 704-711. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2006364704711>.
- Toledo, M. C. M. (2005). Geociências no Ensino Médio Brasileiro – Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Geologia USP Publicação Especial*, 3, 31-44. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v3i0p31-44>.
- Vilaça, M. L. C., & Araújo, E. V. F. (Orgs.). (2016). *Tecnologia, sociedade e educação na era digital*. Duque de Caxias, RJ: Unigranrio.
- Waldron, J. W. F., Locock, A. J., & Pujadas-Botey, A. (2016). Building an Outdoor Classroom for Field Geology: The Geoscience Garden. *Journal of Geoscience Education*, 64(3), 215-230. DOI: <https://doi.org/10.5408/15-133.1>.

Educação Ambiental como facilitadora do desenvolvimento no transtorno do espectro autista na Educação Infantil

Lubienska Cristina Lucas Jaquiê
Daniela Cristina Santos Ferreira Neves

Precisamos de todo o corpo

Os olhos podem ver, os ouvidos ouvem
mas as mãos sabem melhor como é tocar.
Sua pele sabe melhor quando alguém está por perto.
Você precisa de todo o seu corpo para aprender.
O cérebro pode pensar e talvez entender,
mas suas pernas sabem melhor como é andar.
Suas costas saberão como é carregar.
Você precisa de todo o seu corpo para aprender.
Se quisermos aprender o básico sobre o nosso planeta Terra,
então não basta com palavras.
Devemos ser capazes de nos aproximar,
você precisa de todo o corpo para aprender.
(Autor desconhecido)
(Szczepanski, 2002, p.19)

A proposta deste Capítulo é trazer à reflexão possibilidades de estratégias para facilitar a inclusão de crianças com transtorno de desenvolvimento, de forma especial aquelas com Transtorno do Espectro Autista (TEA), no ensino regular, pela perspectiva da Educação Ambiental e das Ciências da Terra. A reflexão ora proposta é aplicável, com as devidas adaptações, em qualquer fase do ensino básico, mas nosso foco de interesse é a educação infantil, por ser a fase da vida da criança considerada pela área de neurociências como uma “janela de oportunidade”. Nessa fase, deve-se potencializar o desenvolvimento global, por ser um período de grande plasticidade cerebral e, portanto, de maior potencial de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades. Em qualquer fase da vida o desenvolvimento e a aprendizagem sempre serão possíveis, mas a primeira infância é o principal período para a formação da estrutura neurológica que sustentará os comportamentos e as percepções sensoriais que favorecerão o desenvolvimento da inte-

ligência e a melhor qualidade de desempenho nos diversos aspectos da vida adulta (Piaget, 1990).

Do ponto de vista de organização ambiental e propostas pedagógicas, o diferencial das escolas no nível de Educação Infantil é a presença do *playground* e das áreas externas, que permitem, ao menos em tese, que as crianças explorem durante a rotina diária uma diversidade de sensações corporais a partir das atividades lúdicas psicomotoras e dos estímulos naturais presentes no próprio ambiente, como sol, vento, diferentes temperaturas, luminosidade natural, grama, terra, areia, água e diferenças de relevo.

O avanço do conhecimento científico sobre o TEA proporcionou acesso a recursos de avaliação diagnóstica, comportamental e funcional melhores e mais precisos, cuja consequência é a maior facilidade de se identificar e diagnosticar os quadros leves e/ou de alto de funcionamento que, até há poucos anos, apesar de serem autistas, não atendiam a critérios diagnósticos, por necessitarem de pouco apoio, terem amplo repertório verbal e boas habilidades de conversação, e possuírem um mínimo de desenvoltura e autonomia nas demandas diversas, sociais e escolares (Fernandes, Tomazelli, & Girianelli, 2020). No caso de crianças com maior comprometimento, o aperfeiçoamento das terapêuticas, bem como o avanço da legislação que trata da inclusão de deficientes no Brasil, tem favorecido sua participação na vida escolar e comunitária junto às demais crianças, mesmo que seja por via judicial.

Com a sofisticação da internet e a ampliação do acesso e da utilização das diversas redes sociais, um fenômeno que pode ser observado é o fato de muitos adultos que hoje contam com seus 30, 40 ou 50 anos se reconhecerem como autistas, a partir tanto de depoimentos de familiares com filhos com TEA quanto de materiais e vídeos diversos feitos por profissionais sobre o tema. Nas redes sociais, é possível encontrar vários depoimentos de adultos que “se descobrem” autistas após o nascimento de um filho, ou por meio de avaliação médica e/ou psicológica a partir de busca espontânea, ou ainda no que chamam de “autodiagnóstico” ou “autoidentificação”, e pretendem com isso ajudar outras pessoas no processo de autoconhecimento e melhoria de qualidade de vida (Espec-trando Consciente, 2019, Vitamina Maluca, 2019). Nos relatos autobiográficos, há um ponto em comum nas memórias afetivas: o papel da escola e dos primeiros professores como decisivos no sucesso escolar e por consequência na vida adulta; os professores, mesmo sem saber como

agir, pois ainda não havia o conhecimento sistematizado, queriam muito fazê-lo (Mindália Televisão, 2019, Vitamina Maluca, 2019).

Além das memórias individuais, a internet e suas mídias de vídeo e imagens permitem acessar e visualizar a estrutura e a dinâmica da vida comunitária e escolar do passado de forma objetiva, possibilitando realizar a análise dos ambientes à luz do conhecimento moderno. Os antigos espaços de brincar e os tipos de brincadeiras desses adultos autistas quando crianças, em ambientes externos, como quintais, arredores do bairro, campinhos de jogar bola, a presença de praças públicas e os espaços de recreação outrora existentes em escolas de educação infantil instigam a criar hipóteses sobre a contribuição dos elementos dos ambientes no desenvolvimento de muitas dessas pessoas. Isso pode ter possibilitado que alcançassem boa capacidade de adaptação diante das exigências da vida. Os espaços abertos, no quintal da própria casa, no bairro e nas escolas, proporcionavam o contato contínuo com elementos naturais do ambiente no cotidiano infantil até um passado recente (Melo, 2020, Matther, 2013, Denni, 1964, 2007).

As Ciências da Terra e a Educação Ambiental nos mostram que a vida neste planeta é impulsionada pela relação entre seus vários subsistemas (hidrosfera, atmosfera, litosfera, biosfera e noosfera, a esfera humana), que de alguma forma se retroalimentam. Assim como a Educação Ambiental se preocupa em levar o conhecimento e melhorar a interação entre pessoas e a Terra, no usufruto de sua estrutura e recursos, propomos um caminho inverso: a Terra, como afirmam Bacci & Boggiani (2015), na grandeza e na beleza de sua estrutura e seus sistemas, é um recurso de promoção da saúde e desenvolvimento para crianças com dificuldades sensoriais. A Terra se deixará conhecer pela criança com TEA, mediada pela Educação Ambiental no contexto escolar.

Enfatizamos que o conhecimento nesse campo ainda é muito novo para todas as áreas de conhecimento envolvidas e está em fase de construção. Trata-se de um assunto complexo que envolve diferentes áreas de conhecimento; portanto, não há verdades absolutas no tema, mas possibilidades de investigação teórico-práticas. Sendo assim, este Capítulo convida o/a leitor/a à reflexão interdisciplinar sobre o tema. Enfatizamos também que a intenção é apresentá-lo sob a perspectiva das tecnologias assistivas e da ajuda técnica, conforme previsto na legislação que trata da inclusão escolar.

Definição de Autismo

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno de neurodesenvolvimento que afeta tanto meninos quanto meninas, cuja incidência, de acordo com dados da Organização Mundial da Saúde, é em média, em nível mundial, 1 caso a cada 160 crianças, sendo que esse número pode ser maior, menor ou mesmo desconhecido dependendo da qualidade de coleta de dados ou ainda quando se trata de países desfavorecidos economicamente, sem capacidade de realizar esse levantamento. Em nível mundial, estima-se que existam 70 milhões de pessoas autistas (World Health Organisation, 2021).

No Brasil, apesar de não existirem dados estatísticos oficiais, calcula-se que existam dois milhões de autistas, dentre adultos e crianças; de acordo com o Censo Escolar, houve aumento de 37,27%, no período de apenas um ano, de alunos matriculados em classes regulares, sendo 77.102 em 2017 e 105.842 em 2018 (Santos, 2020). A Lei Federal nº 13.861/2019 determinou a inclusão de informações sobre o espectro autista no censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa (IBGE) que ocorreu no ano de 2022; assim, em um futuro próximo estarão disponíveis dados mais precisos em nível nacional. No momento, os dados sobre a população estão em fase de apuração (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023, Diário da Justiça Eletrônico, 2021, Santos, 2020, Agência Brasil, 2019).

O TEA é um transtorno de neurodesenvolvimento que tem início na primeira infância e cuja etiologia ainda não é totalmente conhecida, havendo como hipótese um conjunto de fatores como idade avançada dos genitores, fatores genéticos e fatores ambientais. Caracteriza-se pelo início precoce, antes dos três anos, trazendo prejuízos no funcionamento da comunicação, da linguagem, da interação social e do comportamento (hiperfoco, interesses restritos, repetitivos), podendo também apresentar problemas na área de sono, alimentação, e autoagressividade (Brasil, 2015, *American Psychiatric Association*, 2014).

Muitos casos estão associados com comorbidades como transtorno de aprendizagem, retardamento mental, Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Trata-se de um espectro pois a manifestação pode ser muito variada, desde casos graves até casos mais leves ou de superdotação; por consequência todos apresentam diferentes necessidades de apoio social, educacional e ambiental para o

desempenho com autonomia das diversas demandas da vida (*American Psychiatric Association*, 2014).

Já os transtornos globais do desenvolvimento que correspondem aos TEA afetam uma ampla gama de funções psíquicas, sendo também conhecidos como transtornos invasivos ou abrangentes do desenvolvimento (Brasil. Ministério da Saúde, 2015, p.34).

Os principais documentos para fins de diagnóstico são:

1. Manual de Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, 5ª Edição, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition* (DSM V), versão vigente publicada em 2013 pela *American Psychiatric Association*.
2. Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde, 10ª Edição (World Health Organization, 1992), utilizada mundialmente para fins de padronização de diagnóstico médico e organização de informações epidemiológicas. É importante mencionar que a nível mundial está em vigor, desde fevereiro de 2022, a CID 11 (World Health Organization, 2021), porém, no Brasil a vigência começará em 1º de janeiro de 2025, pois está em fase de tradução para o português. A OMS definiu um período de três anos de transição para os países iniciarem o seu uso (Brasil, 2022, Organização Pan-americana da Saúde, 2022). No diagnóstico do autismo, a importância da CID 11 é a sua maior afinidade com o texto do DSM V.

A diferença fundamental na utilização dos documentos está na finalidade: a CID é de uso exclusivo do profissional médico para fins de definição de diagnóstico e emissão de laudos para o usufruto de diversos direitos, como a garantia de acesso ao direito à educação inclusiva no sistema regular de ensino. Já o DSM V é um documento mais descritivo para detectar critérios de elegibilidade e níveis de apoio necessários para autonomia nas demandas diárias.

Outro documento preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e já em uso no Brasil por determinação Conselho Nacional de Saúde (Resolução 452/2012) é a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), que deve ser de uso comum a todas as categorias profissionais da saúde, além da assistência social e educação. Sua finalidade é ser utilizado de forma complementar à CID, pois traz

uma visão qualitativa do diagnóstico médico, com foco abrangente, além das condições individuais de saúde. Considera todos os elementos que interferem na qualidade da saúde e na funcionalidade quando diante de patologia ou deficiência, como por exemplo apoio familiar, contexto social, trabalho, educação e fatores ambientais (Brasil, 2012).

A análise de funcionalidade usando a CIF ajuda a compreender os motivos pelos quais pessoas com o mesmo diagnóstico médico ou condição de deficiência podem apresentar níveis diferentes para melhor ou pior na sua qualidade de vida, desempenho nas suas demandas diárias e prognóstico de desenvolvimento. Permite também detectar barreiras e facilitadores de inclusão tanto ambientais como atitudinais, com isso facilitando o foco de intervenção (Centro Colaborador da OMS para a Classificação de Doenças em Português, 2008).

Mencionar a CIF é importante por que esse documento destaca a educação, a escola e os fatores ambientais como espaços de vida e promoção da saúde, identificando de que forma os elementos desses espaços interferem na qualidade da saúde, bem como as possibilidades de efetiva participação da pessoa nesses ambientes. Amplia a visão de determinantes de saúde, uma vez que engloba elementos já reconhecidos pela Organização Mundial da Saúde, que no senso comum não são associados como de interesse de prevenção, promoção e intervenção em saúde. É possível identificar na CIF, de maneira clara, a influência sobre a saúde humana (física e mental) dos elementos que são objetos de estudo das Ciências da Terra e da Educação Ambiental, tanto na parte estrutural dos diversos ambientes naturais quanto na influência das ações humanas sobre eles e, por consequência, na qualidade da saúde.

Sobre intervenções, optamos por mencionar aquilo que é preconizado pelas diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS) que são de acesso universal a todas as pessoas, independentemente de sua situação socioeconômica (saúde pública como um direito definido na Constituição Federal de 1988), e por já estarem há algum tempo alinhadas com as propostas modernas de intervenções no TEA. De acordo com as diretrizes do Ministério da Saúde, não há um foco em uma abordagem específica, mas é importante que as equipes profissionais conheçam as principais abordagens reconhecidas cientificamente e as utilizem de acordo com as necessidades reais de cada paciente (Brasil, 2015).

As principais abordagens preconizadas pelo SUS são a Abordagem Psicanalítica, cuja proposta é intervir nas demandas subjetivas e

emocionais; a Análise do Comportamento Aplicada (*Applied Behavioral Analysis*, ABA); o Tratamento e Educação para Crianças com Transtornos do Espectro do Autismo (TEACCH): abordagem educacional que utiliza ambientes e rotinas estruturadas, e a Integração Sensorial. Além das intervenções clínicas, as diretrizes também preveem os encaminhamentos e as colaborações intersetoriais dos quais fazem parte a rede oficial de ensino (pública e privada) sob a perspectiva da educação inclusiva (Brasil, 2015).

A Integração Sensorial, que é a abordagem focalizada neste Capítulo, faz parte dos procedimentos da Terapia Ocupacional, uma profissão da área da saúde que atua em reabilitação, prevenção e promoção da saúde. Tem interface com os campos das Ciências Sociais e Educação, dentre outros (Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional Resolução nº 483/2017, Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, s/d, Magalhães, 2008). O terapeuta ocupacional atua na prática clínica e comunitária em saúde, e também já tem regulamentada pelo conselho profissional a atuação na área escolar que é o contexto deste capítulo (Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional Resolução nº 500/2018).

Os estímulos sensoriais e a integração sensorial

A Integração Sensorial (IS) é uma abordagem desenvolvida nos anos 1960 pela americana Dra. Jean Ayres, terapeuta ocupacional, psicóloga educacional e neurocientista, e que atualmente já tem sua importância reconhecida no processo de intervenção no TEA, e também em outros tipos de transtornos de desenvolvimento. Tendo como base estudos na área de neurodesenvolvimento, constatou-se que a forma como o cérebro assimila e processa as sensações oriundas do meio exerce forte influência na funcionalidade e no comportamento, refletindo-se nas respostas adaptativas diante das demandas do ambiente (Serrano, 2016, Ayres, 2010).

O cérebro recebe as informações do ambiente por meio dos cinco sentidos já conhecidos (visão, audição, olfato, tato e paladar), sendo acrescidos de mais dois sentidos, que são o vestibular e o proprioceptivo. Ayres tem também como referência em seus estudos as fases de desenvolvimento infantil de Jean Piaget, com ênfase na importância de se investir nos aspectos sensório-motores que são pré-requisitos para a formação de pensamento abstrato e aprendizagem complexa (Serrano, 2016, Ayres, 2010).

Segundo Serrano (2016) o processo de integração sensorial abrange:

- *Registro sensorial*: quando tomamos consciência da sensação, reparamos em um estímulo.
- *Orientação*: quando prestamos atenção seletiva a um estímulo e nos orientamos para ele.
- *Interpretação*: quando atribuímos significado e interpretamos a sensação à luz de experiências e aprendizados prévios. Neste nível associa-se uma emoção às sensações (ameaça, desafio ou prazer).
- *Organização de resposta*: avaliar se deve ser cognitiva, motora ou afetiva e assim decidir o que fazer.
- *Execução de uma resposta*: é o passo final que consiste na resposta previamente elaborada.

Os componentes são:

- *Registro sensorial*: capacidade de detectar informações do corpo e do meio. Estágio fundamental de percepção do início do processo de IS.
- *Alerta*: grau de excitabilidade. Permite ao indivíduo mover-se nos ritmos diários, como ficar calmo e alerta quando está acordado ou descansar quando está dormindo.
- *Modulação sensorial*: capacidade de ajustar a intensidade e a duração dos estímulos ou das sensações múltiplas. Capacidade de se manter atento diante de múltiplas sensações.
- *Discriminação sensorial*: capacidade de interpretar as qualidades espaciotemporais das sensações. Pormenores rápidos e precisos de quantidade, qualidade, localização, tamanho e forma.
- *Competências motoras*: controle motor global, de olhos, mão e oral.
- *Práxis*: ideação, planejamento motor e execução. Descobrir o que fazer e como fazer coisas novas.
- *Organização do comportamento*: organização de sequências de ações no espaço e tempo. Colocar em ordem ideias, ações e coisas que são necessárias agora e no futuro.

Já as disfunções referem-se a:

- *Perturbação na Modulação Sensorial*: hiper-resposta, hipo-resposta, evitação/esquiva e busca.
- *Perturbação na Discriminação Sensorial*: sistemas tátil, gustativo, auditivo, olfativo, visual, vestibular e proprioceptivo.
- *Perturbação Motora de base sensorial*: dispraxia, que é a dificuldade em planejar, sequenciar e executar uma ação motora não familiar, ou uma série de ações motoras (descoordenadas motoras globais, finas e orais). E perturbações posturais (problemas de estabilizar o corpo por baixo tônus e fraqueza muscular).

Problemas comportamentais e de aprendizagem podem ocorrer mesmo em crianças de alto desempenho e boas condições familiares e sociais (Ayres, 2010), levando a um maior esforço e menor efetividade e satisfação diante das demandas diárias. Tendo como base Piaget, Ayres (2010) sublinha que a inteligência sensorial motora é pré-requisito para o desenvolvimento pleno da criança, e para isso é necessário que os sete a oito primeiros anos de vida sejam dedicados a experiências corporais e atividades lúdicas. Tudo isso em um ambiente planejado e rico em estímulos sensoriais e desafios, considerando as características de seu sistema nervoso, de forma a criar oportunidades de adaptação e organização cerebral (Serrano, 2016, Ayres, 2010).

Especificamente no contexto escolar, Serna, Torres & Torres (2017) afirmam que tem havido um aumento de crianças com alterações sensoriais e por isso com respostas mal adaptadas ao ambiente, e que a escola é um local propício para a identificação precoce dos problemas, a fim de evitar a evasão escolar e minimizar o seu impacto no desenvolvimento de habilidades. Nem sempre, contudo, os espaços físicos são apropriados e os professores preparados para atender a esse tipo de demanda, podendo comprometer os resultados acadêmicos. Como proposta, os autores sugerem existir um espaço na escola para estimulação, com diversidade de materiais e contando com colaboração conjunta com diferentes profissionais. No caso de crianças com problemas de processamento sensorial, devem ocorrer primeiro as atividades de integração sensorial (Serna et al., 2017).

A escola como direito

A escola é um local que oferece rotina diária estruturada, uma maior variedade de estímulos, ampliação de convívio social e por consequência favorece a possibilidade de aumento de repertório de habilidades sociais, e de ampliação de vínculos afetivos com pessoas externas ao ambiente doméstico e familiar. Neste sentido a legislação vem na direção de reforçar sua importância e garantir o usufruto da efetiva participação da criança com TEA na escola regular junto com as demais crianças.

De acordo com a Constituição (Brasil, 1988):

Art. 205. A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.
Art. 206. O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios: I - igualdade de condições para o acesso e permanência na escola (Brasil, 1988).

Atendendo às necessidades específicas do aluno com TEA, a principal legislação é a Lei Berenice Piana, 12.764/2012, que institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista: direito à vida escolar e ao enquadramento do TEA como deficiência, seguido do Estatuto da Pessoa com Deficiência, Lei 13.146/2015, que institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, garantindo o acesso e a inclusão na escola regular nos sistemas público e privado.

O Estatuto da Pessoa com Deficiência prevê como estratégia para efetivo aprendizado do aluno com deficiência:

Art. 3º Para fins de aplicação desta Lei, consideram-se: III - tecnologia assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social; Art. 27. A educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem
V - adoção de medidas individualizadas e coletivas em ambien-

tes que maximizem o desenvolvimento acadêmico e social dos estudantes com deficiência, favorecendo o acesso, a permanência, a participação e a aprendizagem em instituições de ensino; XV - acesso da pessoa com deficiência, em igualdade de condições, a jogos e a atividades recreativas, esportivas e de lazer, no sistema escolar; Art. 28. Incumbe ao poder público assegurar, criar, desenvolver, implementar, incentivar, acompanhar e avaliar: VI - pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novos métodos e técnicas pedagógicas, de materiais didáticos, de equipamentos e de recursos de tecnologia assistiva (Brasil, 2015) (grifos nossos)

Cabe mencionar que a inclusão pode representar um desafio e a escola não está sozinha nessa empreitada pois, como pode ser visto no Art.3º, inciso III, é previsto no processo de inclusão a ajuda técnica que dentre outros prevê recursos, metodologias e estratégias para promover e garantir a participação e desenvolvimento da pessoa com deficiência, respeitando as suas singularidades. O estatuto também prevê o apoio do poder público no desenvolvimento dessas novas metodologias, o que podemos entender também como a participação da universidade, contribuindo por meio de pesquisas (Art 28, inciso VI).

Ciências da Natureza na educação infantil de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

De acordo com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o oferecimento da educação dos 0 aos 6 anos passou a ser dever do Estado após a Constituição Federal de 1988, tornando-se parte da Educação Básica, em 1996. O mesmo ocorre em relação à obrigatoriedade da matrícula a partir dos 4 anos de idade, após a Lei de Diretrizes e Bases de 2013. Segundo o documento:

Educação Infantil é o início e o fundamento do processo educacional. A entrada na creche ou na pré-escola significa, na maioria das vezes, a primeira separação das crianças dos seus vínculos afetivos familiares para se incorporarem a uma situação de socialização estruturada (Brasil, 2013, p.36).

Na BNCC na Educação Infantil são previstos, desde a fase de bebê até e durante toda a fase de educação infantil, a concepção de educar e cuidar de forma complementar à família, com propostas pedagógicas articuladas com a realidade familiar e comunitária das crianças.

Quanto ao conteúdo curricular, a aprendizagem nessa etapa se dá por meio de experiências e vivências, com foco nas interações sociais e nas atividades lúdicas, a fim de estimular o desenvolvimento integral do aluno. O documento traz em seu tópico “Direitos de aprendizagem e desenvolvimento na educação infantil” as seguintes dimensões: conviver, brincar, participar (das decisões da escola e nas brincadeiras), explorar corpo e meio, explorar tanto o seu potencial como aquilo que o ambiente oferece, expressar-se, conhecer-se como construção da própria identidade pessoal e social.

Quanto aos campos de experiência propostos pela BCCN destacamos:

Corpo, gestos e movimentos: Utilizar o corpo intencionalmente (com criatividade, controle e adequação) como instrumento de interação com o outro e com o meio. Coordenar suas habilidades manuais. Espaços, tempos, quantidades, relações e transformações: Interagir com o meio ambiente e com fenômenos naturais ou artificiais, demonstrando curiosidade e cuidado com relação a eles (Brasil, 2013, p.54).

No que se refere às Ciências da Natureza, a BNCC não faz referência nas fases iniciais a um foco conteudista, mas sim dá ênfase em atividades exploratórias, respeitando aquilo que é próprio de cada etapa de desenvolvimento.

As Ciências da Terra e a Educação Ambiental na inclusão escolar

A inclusão escolar de crianças com TEA é uma tarefa desafiante diante de sua complexidade e por isso exige a atuação e o pensamento interdisciplinar, em especial este último, sendo necessário que os profissionais envolvidos no processo educacional e terapêutico das crianças tenham um olhar ampliado além de seu campo de conhecimento. Devem também considerar a aproximação com áreas que a priori podem parecer distantes, mas que se revelam como estratégicas na criação de metodologias inovadoras.

Pensar as Ciências da Terra na inclusão escolar de crianças com TEA, em especial nas fases iniciais de escolarização, necessariamente passa pela Educação Ambiental e pelo conceito de *Outdoor Education*, com foco em vivências, conceitos que sempre estarão atrelados. As vivências em Educação Ambiental abrangem um aspecto ecológico que permeia o mundo

natural, que influencia e é influenciado pelas relações humanas, sociais e subjetivas (Bacci, 2015). Desse modo, entendemos que a contribuição importante das Ciências da Terra envolve fundamentos que ajudam a enxergar a força dos elementos naturais. Em conjunto com a Educação Ambiental, as Ciências da Terra potencializam o desenvolvimento humano desde a tenra idade e permitem um entendimento de como se desenvolve a consciência ecológica, tanto no sentido da responsabilidade como cidadão quanto na utilização e na interação com os diversos recursos naturais. Isso se deve ao conhecimento ambiental baseado na visão holística e no pensamento sistêmico das Ciências da Terra (Bacci, 2015).

Na literatura estrangeira, a prática de *Outdoor Education* na educação formal é recorrente tanto no processo de aprendizagem de crianças típicas quanto naquelas de desenvolvimento atípico. Nas fases iniciais de escolarização, na etapa pré-escolar, as práticas nessa linha têm como principal característica proporcionar vivências de caráter exploratório, utilizando atividades lúdicas corporais, dirigidas ou espontâneas, sob supervisão, em ambientes que propiciem contato direto com a natureza. As atividades podem acontecer em ambientes externos à sala de aula na própria escola, ou na comunidade, utilizando três modalidades de *playground*. Os brinquedos convencionais são aqueles classificados como *playground* de aventura, com recursos materiais que trazem maior nível de desafio físico e criativo; a exploração do próprio ambiente em si na forma como se apresenta, tais como as características naturais do relevo local, como desníveis, vegetação, riachos, dentre outros. Tem como finalidade a aprendizagem sobre a natureza, de conceitos nas áreas de ciências e educação ambiental, usando outros recursos corporais que vão além das habilidades cognitivas.

Higgs & Nicol (2002) afirmam que o *Outdoor Education* é uma abordagem construtivista na qual os alunos constroem sua visão de mundo a partir da experiência no contato direto com o meio físico, devendo também levar em conta as técnicas mais adequadas a serem utilizadas, considerando aspectos culturais e sociais. O ideal é oferecer atividades suficientemente desafiadoras, que despertem no aluno o senso de responsabilidade diante de uma atividade, não se limitando a uma relação simplista de recompensa a partir de esforço para alcançar um resultado determinado (padrão). O aluno deverá ser recompensado a partir do domínio da atividade; ou seja, pelo desempenho individual. Para isso, segundo os autores, é importante considerar a teoria da inteligência múltipla de Howard Gardner (1993), que todas as pessoas desenvolvem em maior ou menor grau: inteligência

musical; cinestésica corporal; lógico-matemática; linguística; espacial; interpessoal e intrapessoal.

Sendo assim, não se trata de qualificar a prática de *Outdoor Education* como melhor ou pior do que a sala de aula convencional, ou como a melhor forma de aprender, mas sim um recurso a ser usado quando se identificar seu benefício para a aprendizagem, podendo ser utilizada de forma conjunta com as atividades internas, sempre acompanhada do processo reflexivo quanto à motivação do oferecimento da atividade para cada aluno (Higgs & Nicol, 2002).

De acordo com Hyndman & Wyver (2021), a escola é o lugar onde as crianças passam a maior parte de seu tempo, às vezes mais de 30 horas semanais, e por isso aumentar as áreas verdes da escola melhora seu bem-estar. A escola oferece recursos e muitas opções recreativas ao ar livre para que desenvolvam atividades físicas, cognitivas e sociais. Além dos benefícios físicos da recreação ao ar livre, os autores relatam que pesquisas nas duas últimas décadas apontam a interconexão entre corpo e mente, e que se espera, a partir do fato de que as atividades físicas suprem as necessidades metabólicas cerebrais, que as atividades recreativas vigorosas aumentem a capacidade da criança de memorizar, melhorem a percepção, a concentração, a atenção e por consequência aumentem o desempenho nas atividades acadêmicas.

Para muitas crianças, a escola é a principal oportunidade para atividades físicas, e a metade delas na rotina da criança acontece no *playground* escolar. Para melhorar o engajamento das crianças em atividades físicas, há dois tipos de estratégias: (1) jogos dirigidos diversos que contenham desafios, como jogos com bola, corrida, com times etc., e (2) remodelação de ambientes que incluam brinquedos de girar, escalada, escorregadores e ambientes menos estruturados, mas com recursos naturais como árvores, jardins, gramados, pedras.

Do ponto de vista de impacto psicológico, a estrutura do *playground* e dos espaços livres deve ser tal que proporcione autonomia para tomada de decisão e interação social; a participação do adulto deve ser a de um facilitador, sem impor regras rígidas, o que se denomina participação sustentada. Os autores assinalam que alguns pesquisadores infelizmente não consideram como importantes o tempo em recreação ao ar livre, que deveria ser gasto com atividades acadêmicas, mas as evidências mostram o contrário – impacto positivo na área cognitiva, funções executivas, memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva (Hyndman & Wyver, 2021).

Ainda quanto ao impacto no desenvolvimento, tanto cognitivo quanto geral, o contato frequente com a natureza de forma a proporcionar que se explore todos os sentidos, em especial nas crianças pré-escolares, ativa a memória de longo prazo, as competências socioemocionais, linguísticas, psicomotoras globais e funções executivas, além do levar ao autoconhecimento (Yildirim & Akamca, 2017).

Se para crianças típicas *Outdoor Education* traz muitos benefícios, mais importante é para crianças com TEA, pois, no geral, como descrito anteriormente, elas tendem a ter muita dificuldade no relacionamento interpessoal, em especial com os pares da mesma faixa etária, e, quanto ao desenvolvimento do pensamento e de habilidades acadêmicas, necessitam de estratégias concretas e da utilização de vias sensoriais para efetiva aprendizagem e formação do conhecimento. Muitas delas também possuem disfunções nas áreas sensoriais, o que dificulta a sua auto-organização e sua percepção do entorno.

No caso de crianças pré-escolares com autismo, atividades ao ar livre envolvendo atividades físicas e jogos, seja em playground da escola, seja em espaço aberto, mediadas pelos professores, impulsionam o engajamento nas atividades em si, quando o objetivo tem como foco principal a interação criança-tarefa. Além do engajamento nas atividades, melhora a interação social com os pares da mesma idade, as habilidades de comunicação, os aspectos cognitivos, como capacidade de planejamento, e melhora no quadro comportamental geral, como por exemplo diminuição de maneirismos (Zachor et al., 2016, Floresca, 2020, Björngen, 2016, Ledford, 2016).

Se para algumas crianças com TEA de alto funcionamento por vezes as atividades ao ar livre não diretivas, que favoreçam a capacidade de auto-organização das próprias crianças, podem ser mais interessantes, por facilitar o desenvolvimento de habilidades criativas no uso do espaço e na interação em grupo, o mesmo não se aplica à maioria das crianças com autismo, cuja tendência é o isolamento no espaço de recreio; portanto, é importante que o professor ofereça atividades estruturadas como mediadoras e facilitadoras da interação junto às demais crianças (Sterman et al., 2020, Morrier & Ziegler, 2018).

Discussão

O processo inclusivo pela perspectiva interdisciplinar começa pela prática reflexiva e o exercício de análise da prática, considerando diver-

sas possibilidades de ação, visando o que é o melhor para cada aluno. A escola e o professor não estão sozinhos no processo de inclusão, pelo contrário, existem outros campos de conhecimento que também se interessam pela temática da inclusão escolar, no sentido de somar forças.

A atuação com crianças deficientes nos ajuda a refletir sobre os diversos estilos e vias de aprendizagem e nos lembram que todos os alunos têm condições de aprender, desde que se descubra o meio de acesso de cada um deles, de forma significativa e original para eles e seus professores. Para tanto, muitas estratégias podem e devem ser utilizadas, tendo como ponto de partida as propostas curriculares e, a partir destas, o desenvolvimento de metodologias mais adequadas ou adaptadas a cada caso. Construir uma prática a partir do universo conhecido do professor, para mostrar possibilidades concretas.

No caso da inclusão escolar das crianças com TEA, acreditamos que os princípios da Integração Sensorial permitem, na fase pré-escolar, compreender melhor o motivo de comportamentos atípicos que são confundidos com birra, agressividade, lentidão em aprender, reações lentas diante de um estímulo, agitação psicomotora, fixação por objetos, a excessiva busca oral – colocar constantemente objetos na boca, dentre outros. Essas são formas mal adaptadas de reagir aos estímulos, devido a alteração neurológica na forma de perceber o mundo.

Esse tipo de abordagem também fornece pistas de como manejar por outras vias de acesso alguns desses comportamentos e satisfazer necessidades internas dessas crianças por meio de atividades lúdicas e escolha de brinquedos, ambientes e materiais mais adequados (por exemplo, os comportamentos de busca por diversos tipos de estímulos, como por exemplo o balanceio do próprio corpo, algo bem comum).

A teoria da Integração Sensorial pode não ser familiar à maioria dos professores, mas a teoria de Piaget é algo conhecido no meio educacional. Consideramos que essa linha de raciocínio pode auxiliar o professor a identificar e compreender possíveis atrasos de desenvolvimento em alunos com TEA e acionar precocemente profissionais da área de saúde. Piaget traz como importante contribuição o entendimento de como a criança constrói o conhecimento por meio da interação corpo e ambiente, de forma gradativa e em etapas, sendo as experiências sensorio-motoras fundamentais nesse processo. Considerando as fases de desenvolvimento propostas por Piaget, ou seja, sensorio-motora (0-2 anos), pré-operatório (2-7 anos), operatório-concreto (7-12 anos) e operatório-formal (12-16 anos), muitas crianças com TEA poderão se

manter estacionadas nas fases iniciais de desenvolvimento, ou mesmo apresentarem maior dificuldade nessa transição, necessitando por isso de estímulos adicionais ou diferenciados também na escola.

Entendemos que as atividades escolares que são próprias da fase pré-escolar já possuem intrínsecas propriedades para impulsionar o desenvolvimento dessas crianças, desde que se adapte o manejo, a frequência, a intensidade, e se encontre formas originais de aproveitar o ambiente externo com seus recursos naturais e equipamentos (*playground*) que já fazem parte desse ambiente. Nessa direção a Educação Ambiental apresenta a metodologia do *Outdoor Education* ou Educação ao Ar Livre como uma possibilidade de estratégia inclusiva, já que estudos demonstram que as atividades exploratórias corpo-ambiente têm potencial de facilitar a autorregulação, melhorar a comunicação e a interação social de crianças com TEA.

O *Outdoor Education* inclui tanto a interação individual criança e ambiente, explorando de forma direta alguns elementos (exemplos: tanque de areia, brincar com água, brincar com barro, rolar na grama), quanto brincadeiras individuais ou coletivas junto com os demais alunos, fazendo uso intenso do corpo, utilizando *playground* externo e o próprio relevo local (pular, escalar, saltar, se equilibrar, balançar etc.). Podem tanto sere mediadas pelo professor (atividades dirigidas e estruturadas) quanto deixar os alunos livres para criarem brincadeiras a partir das possibilidades de desafios que detectam na observação do ambiente. É um tipo de metodologia que permite encontrar a melhor forma de acessar e interagir também com crianças não verbais, com dificuldades de comunicação geral (verbal e gestual) e crianças cujos interesses são mais restritos. Assim, acreditamos que as Ciências da Terra são um campo de conhecimento que embasa a Educação Ambiental e que estimula os profissionais, tanto da área de educação escolar quanto os profissionais de saúde e reabilitação envolvidos no processo de inclusão dessas crianças, a voltarem sua atenção aos recursos da natureza, que outrora ocupavam espaço de destaque nos diversos ambientes sociais, incluindo o ambiente escolar.

Por vezes, ao se planejar um espaço, ou mesmo uma atividade, se pensa em materiais sofisticados; os próprios pais podem ter essa expectativa, porém, a simplicidade do ambiente natural bem organizado e bem utilizado pode ser suficiente. Por isso escolas de qualquer realidade socioeconômica, inclusive aquelas com menores recursos materiais, podem oferecer práticas inclusivas de qualidade para crianças com TEA.

Os recursos naturais são gratuitos, em teoria estão disponíveis para todos, é uma questão de planejar os espaços abertos, analisar e potencializar os recursos ambientais que por vezes já estavam no ambiente antes mesmo da construção da escola. O conhecimento, sim, deve ser sofisticado, porque é ele que permite encontrar a riqueza intrínseca daquilo que é simples.

Por fim, na atuação com TEA pela ótica da Educação Ambiental e das Ciências da Terra, por muitas vezes, os elementos da natureza serão os mediadores entre a criança e o professor. Será a própria natureza que desenvolverá na criança a consciência de si e irá guiá-la no conhecimento do mundo exterior. Para muitas crianças, isso se dará no campo do sentir e da sutileza, cabendo a professores e terapeutas a observação atenta e entrar nessa sintonia do que a natureza está mostrando, interpretando esses sinais à luz dos conhecimentos modernos, porém, sem abrir mão da própria intuição. Pelo contrário, o conhecimento irá refinar a capacidade intuitiva, nessa relação que primeiramente é afetiva.

Considerações Finais

A proposta deste Capítulo foi apresentar de forma breve a possibilidade de práticas de inclusão com crianças com TEA na educação infantil, utilizando como estratégia os conhecimentos do campo da Educação Ambiental, cuja base se situa nas Ciências da Terra, ou seja, um conhecimento aprofundado da estrutura dos elementos do nosso planeta e seus subsistemas. Propusemos, como prática, a metodologia de *Outdoor Education* (Educação ao Ar Livre), com grande potencial de favorecer a construção de conhecimentos teórico-práticos interdisciplinares, ao instigar a curiosidade científica e permitir a prática reflexiva. O foco em um objetivo comum aproxima vários campos de conhecimento. Em uma visão ampliada, a prática de Educação Ambiental favorece o pleno conhecimento de si e do mundo em qualquer faixa etária e modalidade educacional, em especial nas crianças, pois permite conhecer o mundo não apenas pelos meios cognitivos, mas também pelas vias sensório-motoras que são próprias do desenvolvimento infantil. De forma específica, no caso de crianças com TEA, isso nos relembra que há várias formas de aprender sobre e apreender o mundo, bem como se sentir bem nele. Mesmo que um aluno, devido a um quadro mais grave ou mais complexo, não chegue a deter um bom conhecimento sobre Educação Ambiental no futuro, o aprendizado possível aconteceu

e estará internalizado no campo afetivo, no sentido do pertencimento.

Apresentamos também de forma breve conceitos básicos da Integração Sensorial para compreender como a criança com transtorno de desenvolvimento percebe, se relaciona e constrói o conhecimento sobre si mesma e o entorno, e que com as atividades já previstas nas fases de educação infantil na BCCN e o ambiente externo, que em sua maioria as escolas já possuem, é possível atender na rotina normal de atividades as necessidades sensoriais de alunos com TEA. Para tanto as legislações que tratam do tema da inclusão em escola regular também preveem que a escola deve contar com a ajuda técnica, ou seja, receber suporte de outras áreas de conhecimento para tornar a inclusão possível; de forma pontual nesse tema, o terapeuta ocupacional.

O objetivo principal do Capítulo foi despertar a curiosidade pelo tema, chamando a atenção para práticas inclusivas que são possíveis na Educação Infantil. São também fundamentais, porque se trata da fase escolar de construção dos alicerces que sustentarão todo o desenvolvimento futuro dessas crianças. Afinal, é com o corpo todo que se aprende!

Referências

- American Psychiatric Association. (2014). *DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais*. Porto Alegre: Ed. Artmed.
- Agência Brasil. (2019). *Diário Oficial publica lei que inclui autismo nos censos do IBGE*. Brasília, DF: Notícias Saúde. Empresa Brasileira de Comunicação (EBC). Publ. 19.07.2019. URL: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2019-07/diario-oficial-publica-que-inclui-autismo-nos-censos-do-ibge>. Acesso 05.07.2023.
- Ayres, A. J. (1998). *La integración sensorial y el niño*. Trillas. Reimpresso 2010. 226p.
- Bacci, D. L. C. (2015). Ensino de Geociências no contexto escolar: múltiplas relações com a educação ambiental. Bacci, D. L. C. (Org.) (2015). *Geociências e educação ambiental [recurso eletrônico]*. URL: https://jornal.usp.br/wp-content/uploads/geociencias_ebook.pdf. Acesso 05.07.2023.
- Bacci, D. L. C., & Boggiani, P. C. (2015). O currículo do curso de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental-LiGEA-USP: formação de professores com visão sistêmica do Planeta Terra. Bacci, D. L. C. (Org.) (2015). *Geociências e educação ambiental [recurso eletrônico]*, cap. 1. URL: https://jornal.usp.br/wp-content/uploads/geociencias_ebook.pdf. Acesso 05.07.2023.
- Bjørger, K. (2016). Physical activity in light of affordances in outdoor environments: qualitative observation studies of 3-5 years olds in kindergarten. *Springerplus*, 5(1), 1-11. DOI: doi 10.1186/s40064-016-2565-y.

- Brasil (2012). *Lei 12.764/2012. Lei Berenice Piana, institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112764.htm. Acesso 05.07.2023.
- Brasil (2015). *Lei 13.146/2015. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acesso 05.07.2023.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada e Temática. (2015). *Linha de cuidado para a atenção às pessoas com transtornos do espectro do autismo e suas famílias na Rede de Atenção Psicossocial do Sistema Único de Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Especializada e Temática*. Brasília: Ministério da Saúde. URL: <https://portaldeboaspraticas.iff.fiocruz.br/biblioteca/linha-de-cuidado-para-a-atencao-as-pessoas-com-transtornos-do-espectro-do/>. Acesso 05.07.2023.
- Brasil, Senado Federal. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso 05.07.2023.
- Centro Colaborador da OMS para a Classificação de Doenças em Português. (2008). *Classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde: CIF*. São Paulo: Edusp.
- Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (2017). *Resolução nº 483 de 12 de junho de 2017. Reconhece a utilização da abordagem de Integração Sensorial como recurso terapêutico da Terapia Ocupacional e dá outras providências*. Brasília: Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. URL: <https://www.coffito.gov.br/nsite/?p=6917>. Acesso 01.06.2023.
- Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (2018). *Resolução nº 500, de 26 de dezembro de 2018. Reconhece e disciplina a especialidade de Terapia Ocupacional no Contexto Escolar, define as áreas de atuação e as competências do terapeuta ocupacional especialista em Contexto Escolar e dá outras providências*. Brasília: Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. URL : <https://www.coffito.gov.br/nsite/?p=10488>. Acesso 01.06.2023.
- Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (s/d). *Definição de Terapia Ocupacional*. Brasília: Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. URL: https://www.coffito.gov.br/nsite/?page_id=3382 Acesso 01.06.2023.
- Conselho Nacional de Saúde (2017). *CNS promove oficina sobre Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde*. Publ.03.05.2017. Brasília: Conselho Nacional de Saúde. **URL:** https://conselho.saude.gov.br/ultimas_noticias/2017/05maio03_oficina_classificacao_Internacional_Funcionalidade_Incapacidade_Saude.html#:~:text=Confira%20a%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20452%2F2012,SUS%2C%20incluindo%20a%20Sa%C3%BAde%20Suplementar. Acesso 01.06.2023.
- Denni1964. (2007, 27 de setembro). *Curitiba Bairro Bigorilho 1970a* [Vídeo]. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Wz0qPV9fxPg>. Acesso 01.04.2023.

- Diário da Justiça Eletrônico (2021). *TJSP participa de ações no mês de conscientização sobre o AUTISMO*. Poder Judiciário do Estado de São Paulo. Caderno 1 Administrativo. Seção Poder Judiciário. Ano XIV, Edição 3249, São Paulo, SP. Publ. 31.03.2021. URL: <http://www.dje.tjsp.jus.br/cdje/consultaSimples.do?cdVolume=15&nuDiario=3249&cdCaderno=10&nuSeqpagina=1> Acesso 05.12.2021.
- Espectrando Consciente. (2019, 5 de dezembro). *Parte 1 - Autismo na vida adulta* [Vídeo]. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3yrhwj72dhg>. Acesso 01.04.2023.
- Fernandes, C. S., Tomazelli, J., & Girianelli, V. R. (2020). Diagnóstico de autismo no século XXI: evolução dos domínios nas categorizações nosológicas. *Psicologia USP*, 31. doi 0.1590/0103-6564e200027
- Floresca, J. A. (2020). How nature walk program affects the behavior of children with learning disabilities. *Education Quarterly Reviews*, 3(4), 500-509. DOI: <http://doi.org/10.31014/aior.1993.03.04.157>.
- Higgins, P., & Nicol, R. (2002). Outdoor learning in theory and practice. In: Higgins, P., & Nicol, R (2002). *Outdoor Education: authentic learning in the context of landscapes* (v. 2). Kisa, Sweden. URL: http://www.docs.hss.ed.ac.uk/education/outdoored/oe_authentic_learning.pdf. Acesso 01.07.2023.
- Hyndman, B.P. & Wyver, S. (2021). Outdoor Recreation within the School Setting: A Physiological and Psychological Exploration, In: Nielsen, H. D. G. (Ed.) (2021). *Outdoor Recreation. Physiological and Psychological Effects on Health*. First published in London, United Kingdom, 2021 by IntechOpen. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.87648>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023) Nota sobre o Censo Demográfico. Publicado em 26/05/2023. URL: <https://www.ibge.gov.br/novo-portal-destaques.html?destaque=36993>. Acesso 01.06.2023.
- Ledford, J. R., Lane, J. D., Shepley, C., & Kroll, S. M. (2016). Using teacher-implemented playground interventions to increase engagement, social behaviors, and physical activity for young children with autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 31(3), 163-173. DOI: <http://doi.org/10.1177/1088357614547892>.
- Magalhães, L. D. C. (2008). Integração Sensorial: uma abordagem específica de terapia ocupacional. Drummond AF, Rezende MB. *Intervenções da terapia ocupacional*. Belo Horizonte: UFMG, 45-60.
- Melo, E (2020, 7 de fevereiro). *Brincadeira de criança na Geração anos 60 70 80* [Vídeo]. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=4ZVSNKh-6mI> Acesso 01.04.2023.
- Mindália Televisão. (2019, 25 de março). *O autismo na minha vida por José Otavio Pompeu* [Vídeo]. Youtube. URL: <https://www.youtube.com/live/C470OirbXUg?feature=share> Acesso 01.04.2023.
- Morrier, M. J., & Ziegler, S. M. T. (2018). I Wanna Play Too: Factors Related to Changes in Social Behavior for Children With and Without Autism Spectrum Disorder After Implementation of a Structured Outdoor Play Curriculum. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(7), 2530-2541. doi 10.1007/s10803-018-3523-z
- Nicholas M. (2013, 25 de agosto). *Rotary Park 1990* [Vídeo]. YouTube. URL:

- <https://www.youtube.com/watch?v=7jJsRalQpcE> Acesso 01.04.2023.
- Organização Pan-Americana da Saúde (OMS). (2022). *Versão final da nova Classificação Internacional de Doenças da OMS (CID-11) é publicada*. OMS. Publ: 11.02.2022. URL: <https://www.paho.org/pt/noticias/11-2-2022-versao-final-da-nova-classificacao-internacional-doencas-da-oms-cid-11-e>. Acesso 01.06.2023.
- Piaget, J. (1990). *Epistemologia genética*. São Paulo: Martins Fontes.
- Santos, G. *Opinião - O autismo no Brasil*. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Sessão Notícias. Publicado em 18/03/2020. URL: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?18/03/2020/opinio---o-autismo-no-brasil>. Acesso 05.12.2021
- Serna, S. E., Torres, K. K., & Torres, M. A. (2017). Desórdenes en el procesamiento sensorial y el aprendizaje de niños preescolares y escolares: revisión de la literatura. *Revista chilena de terapia ocupacional*, 17(2), 81-89. DOI: <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2017.48088>
- Serrano, P. (2016). *A Integração Sensorial: no desenvolvimento e aprendizagem da criança*. Lisboa: Papa-Letras.
- Sterman, J. et al (2020). School Playground Intervention for Children With Disabilities Creates Play Capabilities and Shifts Adult Perspectives. *The American Journal of Occupational Therapy*, 74(4_Supplement_1), 7411515445. DOI: <https://doi.org/10.5014/ajot.2020.74S1-PO8122>
- Szczepanski, A. (2002). Environmental Education: an overview of the area from a Swedish/Nordic perspective. In: Higgins, P., & Nicol, R. (2002). *Outdoor Education: authentic learning in the context of landscapes*. (v. 2). Kisa, Sweden.
- Vitamina Maluca. (2019, 2 de abril). #001. *Sou Autista e Sou Feliz. Relato do meu diagnóstico de autismo na vida adulta* [Vídeo]. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=I69tK0-v7NE> Acesso 01.04.2023.
- Vitamina Maluca. (2019b, 23 de julho). #018 - *A importância das intervenções no tratamento do Autismo* [Vídeo]. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=MI620XuMesY> Acesso 01.04.2023.
- World Health Organization (2021). *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD)- ICD-11*. URL <https://icd.who.int/browse11/l-m/en/#/http://id.who.int/icd/entity/1283290231?view=L9> Acesso 05.12.2021
- World Health Organization. (1992). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines*. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9241544228> Acesso 05.12.2021
- Yıldırım, G., & Akamca, G. Ö. (2017). The effect of outdoor learning activities on the development of preschool children. *South African journal of education*, 37(2). DOI: <https://doi.org/10.15700/saje.v37n2a1378>
- Zachor, D. A., Vardi, S., Baron-Eitan, S., Brodai-Meir, I. Ginossar, N., & Ben-Itzhak, E. (2017). The effectiveness of an outdoor adventure programme for young children with autism spectrum disorder: a controlled study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(5), 550-556. DOI: <https://doi.org/10.1111/dmcn.13337>.

Inserção das Geociências na Educação Básica: a experiência do Projeto Geo-Escola

Celso Dal Ré Carneiro

Ronaldo Barbosa

Danilo Furlan Amendola

Isabella Nogueira Bittar de Castilho-Barbosa

As campanhas de vacinação iniciadas em 2021 foram decisivas para superar a pandemia de Covid-19¹ e mitigar seus impactos. Em escala sem precedentes, o fechamento abrupto de campi e escolas no Brasil durante 2020–2022 provocou repentina transição para modalidades de educação *on-line* e de ensino híbrido, além do cancelamento de atividades e/ou adaptação da educação de campo e de laboratório (Riggs, 2020). No Brasil, a perda de vidas humanas foi a face mais monstruosa da terrível doença que acentuou, por toda parte, os efeitos de uma enorme desigualdade social. Aos poucos a sociedade brasileira venceu o desafio e retomou à rotina.

O episódio revelou – uma vez mais – que o conhecimento científico deve fundamentar a formulação e a aplicação de políticas públicas. Nesse quadro se inclui o conhecimento elementar sobre história da Terra, evolução geológica, evolução biológica e processos naturais capazes de gerar ameaças às sociedades. Ademais, a educação geocientífica possibilita a compreensão da urgência ambiental, fator essencial para que os cidadãos tomem decisões racionais com base no conhecimento científico (Orion, 2001):

Em relação ao paradigma “verde”, não há dúvida de que um cidadão cientificamente alfabetizado deva ter um conhecimento básico das Ciências da Terra. [...] uma das tarefas mais importantes da educação em ciências nas escolas será o desenvolvimento da conscientização e da compreensão ambientais nos nossos

1 A Organização Mundial de Saúde (OMS) adotou os seguintes nomes oficiais: COVID-19, ou Covid-19, para se referir à doença do coronavírus; e SARS-CoV-2, para o novo ou “segundo” coronavírus da síndrome respiratória aguda severa.

futuros cidadãos (Orion, 2001, p.99).

Um potente indicador de êxito no combate à desigualdade seria a mensuração dos resultados concretos obtidos pela pesquisa acadêmica que fortaleceram a alfabetização científica ou inovaram o ensino de Ciência na Educação Básica (EB). Infelizmente, tais conexões são ainda escassas ou pouco estimuladas no País. A educação impulsiona o desenvolvimento econômico e contribui para minimizar os efeitos desse quadro, o que naturalmente implica maior atenção para organizar “a educação em todos os níveis e a educação em serviço” (Kassar, 2016, p.1225-1226).

Questões ambientais assumem papel decisivo no debate educacional. Este Capítulo objetiva situar, sob o ponto de vista da inserção social das Ciências da Terra, os avanços e o alcance do Projeto Geo-Escola, que busca unir o ensino de conteúdos de Geociências na educação básica às oportunidades educacionais oferecidas pelas tecnologias digitais. Em função da natureza da iniciativa e de fatores críticos que são brevemente referidos adiante, os contornos do projeto se alteraram radicalmente, ao longo de mais de duas décadas (Carneiro et al., 2022), devido às mudanças tecnológicas e à expansão das modalidades de ensino híbrido e *on-line*.

Motivação do Projeto Geo-Escola: aprendizagem de Geociências

O ensino de Ciências objetiva formar sujeitos críticos, participativos na sociedade e capazes de tomar decisões conscientes “frente aos avanços tecnológicos e científicos da sociedade contemporânea” (Ramos & Santana, 2020, p.228). O Projeto Geo-Escola mostrou a existência de grande demanda por conhecimentos geocientíficos, ao difundir o conhecimento geocientífico especializado (Carneiro et al., 2019a, 2020). Apoiadas em Tecnologias Digitais² (TD), as atividades possibilitam uma articulação entre docentes da Educação Básica (EB) e pesquisadores ligados a programas de pós-graduação.

As TD são essenciais para divulgar o conhecimento sobre os processos naturais e a dinâmica do planeta. São sobretudo decisivas *para substituir* o “Paradigma do Ensino” pelo “Paradigma da Aprendizagem”,

² TD é a sigla adotada para “Tecnologias Digitais”, anteriormente denominadas “Tecnologias de Informação e Comunicação” (TIC).

assim denominados por Barr & Tagg (1995), e que dizem respeito a criar maneiras de se identificar continuamente, desenvolver, testar, implementar e avaliar entre si alternativas eficazes de aprendizagem:

Uma mudança de paradigma está ocorrendo no ensino superior norte-americano. Em sua forma mais sucinta, o paradigma que governou nossas faculdades é este: uma faculdade é uma instituição que existe *para fornecer instrução*. Sutil, mas profundamente, estamos mudando para um novo paradigma: uma faculdade é uma instituição que existe *para produzir aprendizagem*. Essa mudança muda tudo. É necessária e desejada (Barr & Tagg, 1995, p.13, grifos do original).

A investigação educacional do Projeto Geo-Escola tem sido conduzida em módulos regionais (Fig. 2) (Carneiro & Barbosa, 2005, Carneiro et al., 2005, 2007, 2019), cujas características básicas estão sintetizadas na Tabela 1. O primeiro módulo identificou com clareza a participação docente como fator crítico para o sucesso de qualquer iniciativa de inovação (Barbosa, 2003). A hipótese fundamental foi que a educação básica nacional carece de conteúdos de Geociências, que oferecem “rica contribuição à formação dos alunos” (Barbosa, 2003, p.2). Ademais,

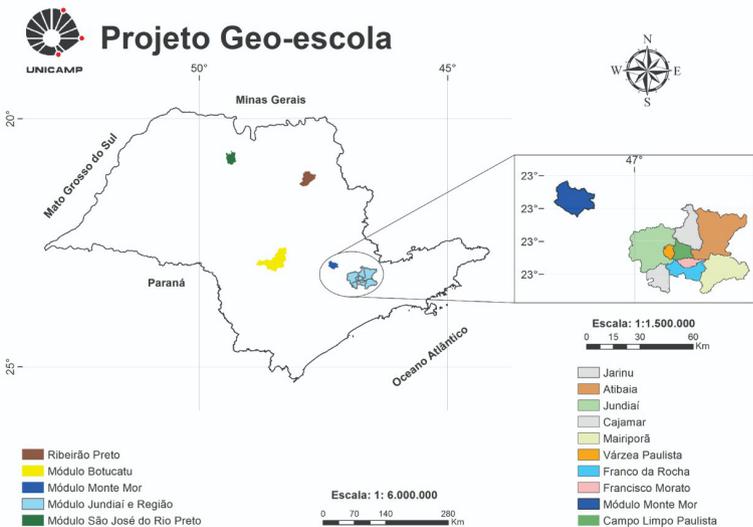


Figura 1. Distribuição dos sucessivos módulos do Projeto Geo-Escola concluídos ou em andamento. Fonte: os autores

Tabela 1. Principais estratégias empregadas nos módulos do Projeto Geo-Escola que buscam desenvolver materiais e conteúdos que auxiliem professores de educação básica a abordar conteúdos de Geologia/ Ciências da Terra em suas aulas

Módulos	Estratégia de abordagem	Participantes: Escolas (E); Docentes (D)	Produtos finais	Autores em destaque
Jundiá / Atibaia	Docentes priorizaram temas de Geologia/ Ciências da Terra	168 E ¹ consultadas / 49 E responderam. 108 D responderam	CD-ROM com fotografias, apresentações, mapas e informações geológicas	Barbosa (2003)
Cajamar	Pesquisadora priorizou temas de Geologia/ Ciências da Terra	8 escolas participantes	WEB ⁴ : Mapas e informações sobre desastres naturais e risco geológico	Lima (2010), Barbosa (2013)
Botucatu	Entrevistas e consultas a docentes e escolas	1 escola participante 3 D responderam	WEB: Mapas, dados geológicos, jogos e conceitos sobre água subterrânea	Em andamento
Monte Mor	Entrevistas e consultas a docentes e escolas	8 E participantes / 12 D responderam	WEB: Mapas murais e conceitos sobre evolução geológica regional	Malaquias Jr. (2013)
Ribeirão Preto	Entrevistas e consultas a docentes, escolas e estudantes	45 professores de escolas públicas e privadas responderam	WEB: Mapas, dados geológicos, e-book com conceitos essenciais sobre água subterrânea e modelos de aquíferos para utilização em sala de aula	Castilho-Barbosa (2023)
S. J. Rio Preto	Docentes priorizaram temas de Geologia/ Ciências da Terra	92 E consultadas ² / 42 E responderam. 116 D responderam	CD-ROM com fotografias, apresentações, mapas e dados geológicos e água subterrânea	Piranhá (2006)

Obs.: ¹Do total de escolas consultadas¹, 36 são particulares e 133 públicas.

²Do total de escolas consultadas², 2 são particulares e 6 públicas.

³O total de 92 escolas consultadas³ inclui tanto particulares como públicas. n.d.= não disponível.

⁴Portal web Geo-Escola de código-fonte aberto, gratuito e de acesso permanente possui o URL: <http://www.geo-escola.pro.br/>. Os principais critérios de acesso ao Portal são: A. Originalidade e vínculo do material com Geologia e/ou Ciências da Terra. B. Softwares e códigos-fontes abertos e licença livre de uso. C. Confiabilidade da base de conhecimento. D. Foco em temas regionais ou locais, garantindo-se a reprodutibilidade. E. Estratégias educacionais baseadas em situações-problema.

(...) o ensino de Geociências pode contribuir para despertar criatividade e espírito crítico junto aos alunos, duas qualidades que ajudam a enfrentar os desafios de comunicação e de interpretação da realidade atual (Barbosa & Carneiro, 2024, p.2).

Ao longo do tempo, as pesquisas do Projeto Geo-Escola mostraram que as Geociências ajudam a definir a aquisição de diversas competências e a estruturar, no contexto escolar, eixos transversais de currículos de Ciências e de outros conteúdos disciplinares, mas a concepção inicial se desdobrou em três ideias-chaves: (1) a importância de se ensinar/aprender Geociências na EB; (2) a inexistência cabal de um ensino sistematizado e coerente de Geociências na EB; (3) a necessidade de se oferecer aos professores e alunos da EB uma “plêiade de recursos didáticos que os incentive a interrogar e pesquisar aspectos do meio ambiente local” (Carneiro et al., 2020).

No início do Projeto Geo-Escola, o computador foi explorado como recurso de ensino para resgatar e aprimorar o ensino de Geociências (Carneiro et al., 2014, 2016, 2022). Revelaram-se barreiras para assimilação escolar de conteúdos, evidenciando questões de fundo e conexões inéditas. O significado de certos conceitos, cuja ambivalência inspira diferentes graus de conflito, acabou iluminado pelo uso do computador na escola, como: “tecnologia e tecnicismo; educação e informação; autonomia e independência, inovação e tradição, formação e capacitação etc.” (Barbosa, 2003, p.95). O método adotado nos primeiros módulos do projeto compreendeu: (a) avaliação das fontes de informação disponíveis; (b) remessa de questionário de consulta às instituições de ensino da área abrangida pelo módulo; (c) definição de temas prioritários selecionados; (d) desenvolvimento do material didático inicial em CD-ROM e (e) avaliação do material fornecido e das alternativas de mudanças didáticas implementadas. O procedimento ficou defasado com a ampliação do acesso à internet, pela rapidez dos mecanismos de consulta e de interação.

Em alguns módulos, empregaram-se estratégias próximas do estudo de caso (Minniti et al., 2017), em que os participantes são desafiados a investigar situações-problema, com base em um conjunto de informações interdisciplinares. Em geral, quando um problema local é fornecido como base para estudo, os participantes passam a buscar ativamente novos dados e informações para aprofundar-se na questão, com a intenção de solucionar eventuais impasses. Os resultados obtidos acentuam o potencial de contribuição das Geociências para desenvolver conceitos essenciais na construção da noção de pertencimento (Lima,

2013, Malaquias Jr., 2013) e do senso de cidadania (Piranha, 2006), dentre tantos outros tópicos que podem ser explorados na escola básica.

Inúmeras tecnologias estão cada vez mais presentes em sala de aula: ambientes colaborativos; aprendizagem baseada em jogos; dispositivos móveis como celulares e tablets; dispositivos de acesso a redes e geo-localização; aplicativos móveis e conteúdo aberto; inteligência coletiva, laboratórios móveis, ambiente pessoal de aprendizagem e aplicações semânticas (NMC Horizon Report, 2012). Ao longo dos 20 anos de vigência do Projeto Geo-Escola, a estratégia de abordagem e o público-alvo participante dos trabalhos foram profundamente alterados. Novos espaços de aprendizado ampliam as possibilidades de trabalhos de campo, tema não abordado neste capítulo. Para avaliar a abrangência das mudanças, convém considerar alguns elementos emergentes ao longo da trajetória.

A inserção social da Geologia e a Educação

Desde a origem da Terra, uma sucessão de mundos veio sendo moldada pela “interação cíclica dos processos terrestres com a imensa diversidade de seres vivos que povoaram o planeta ao longo do tempo” (Carneiro et al., 2019a, p.2).

É fácil identificar tópicos geocientíficos que despertem o interesse do estudante, em um país de dimensões continentais. Nossa decantada riqueza mineral nos legou reservas generosas de bens minerais, recursos hídricos e recursos energéticos, como hidrocarbonetos, petróleo e gás. Da mesma forma que a rica e diversificada geo-biodiversidade, os recursos resultam de uma complexa herança geológica, que constitui o objeto de estudo da Geologia. Ocupada em desvendar a complexa evolução do Sistema Terra, a Geologia recompõe essa história, associando-a à decisiva influência da evolução biológica.

Se, por um lado, é urgente que os jovens compreendam as profundas implicações da ignorância científica nesses campos e suas inevitáveis consequências, por outro lado, a escola é o *lôcus* privilegiado da formação de consciências. Um exemplo é o programa *Earth Systems Education*, desenvolvido pela Universidade Estadual de Ohio e Universidade do Norte do Colorado, que focalizou o planeta Terra como elemento de conexão para formulação de um currículo de ciências (Mayer et al., 1992). A perspectiva de sistemas abrange sete entendimentos fundamentais sobre a Terra:

1. A Terra é rara, bonita e única.
2. Coletiva e individualmente, os seres humanos vêm causando sérios impactos na Terra.
3. Tecnologia e Ciência ajudam-nos a utilizar a Terra e o Espaço.
4. Subsistemas interativos de água, terra, gelo, ar e vida compreendem o sistema terrestre.
5. Os sistemas têm evoluído durante os últimos 4,55 bilhões de anos.
6. A Terra é um subsistema em um universo vasto e antigo.
7. Muitas carreiras são devotadas ao estudo da origem da Terra, seus processos e evolução (Modif. de Mayer et al., 1992, p.70).

Qualquer tema geocientífico pode ser tomado como ponto de partida e, a partir daí, estabelecer nexos com outros temas, sempre sob uma perspectiva sistêmica da Terra (Mayer, 1993, Carneiro et al., 2004). A concepção de Tempo Geológico, por exemplo, constitui enorme desafio para os jovens, pela dificuldade de formar uma ideia das ordens de grandeza envolvidas, da ordem de milhões e bilhões de anos (Bonito et al., 2011, Cervato & Frodeman, 2012, 2013, Martins & Carneiro, 2023). Outro exemplo é o estudo do solo, tema altamente oportuno porque se conecta com muitos outros, em função da utilidade para produção de alimentos e fibras, conservação de ecossistemas e aquíferos e como matéria prima para construção de estradas, edifícios e cidades (Lima, 2005). No caso da água, somente a plena compreensão do conceito de aquífero possibilitará promover a proteção, a conservação e o uso sustentável do recurso “água subterrânea”. Todos esses exemplos assinalam a necessidade de se formar um “sentido de pertencimento pela comunidade e expandir certo senso de responsabilidade quanto à preservação do patrimônio” (Castilho-Barbosa et al., 2020).

A educação básica deve contribuir decisivamente para a formação de uma cidadania responsável. A introdução de temas ambientais no currículo permitiria construir uma cultura geológica e, conseqüentemente, inspirar um alto senso de cidadania nos indivíduos. Contudo, uma das barreiras ao desenvolvimento do pensamento crítico é o aparecimento de um senso comum acadêmico que desvaloriza a ideia de que a “escola seja uma instituição com função social de universalização do conhecimento científico, artístico e filosófico” (Duarte, 2006, p.100).

No que diz respeito às Geociências, os estudantes que completam o ensino fundamental e médio e tentam ingressar no ensino superior praticamente não dispõem de uma cultura geológica (Carneiro et al., 2019a, p.7).

Novos desafios no cenário de pesquisa

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) define cinco grandes áreas de conhecimentos, cujas competências específicas traduzem dez competências gerais. As áreas se organizam em componentes curriculares; cada um prevê a aquisição de diversas competências específicas (Ramos & Santana, 2020, p.229). A BNCC não determinará a “padronização dos conhecimentos a serem tratados na escola, uma vez que cabe às unidades escolares a produção de seus projetos políticos pedagógicos” (Marcondes, 2018), mas mudará amplamente as normas educacionais, devendo influenciar tanto os currículos quanto “a formação inicial e continuada dos educadores, a produção de materiais didáticos, as matrizes de avaliações e os exames nacionais que serão revistos à luz do texto homologado da Base” (Brasil, 2018).

Alguns elementos que circunscrevem a Educação Básica incentivam a abordagem de temas locais em módulos do Projeto Geo-Escola. Um motivo é que as obras didáticas disponíveis são incapazes de abordá-los. Desde que foi aprovada, a BNCC orienta os conteúdos abordados em livros didáticos do ensino básico, compreendendo “unidades temáticas, competências e habilidades” (Silva & Souza, 2020). Está prevista também, no tópico de ensino de Geografia no Ensino Fundamental e Médio, uma unidade temática denominada *O sujeito e seu lugar no mundo*, que visa proporcionar aos alunos a compreensão de noções como pertencimento e identidade, fazendo com que os estudantes se compreendam como cidadãos produtos de determinada sociedade, natureza e cultura. Outra unidade temática importante é *Natureza, ambientes e qualidade de vida*, cujo intuito é capacitar o aluno para identificar, ao final dos estudos, as formas e os processos físicos e naturais do planeta Terra, reconhecendo, ao mesmo tempo, que as atividades antrópicas podem interferir e transformar a dinâmica da natureza. Tais metas e objetivos foram destacadas nas unidades temáticas da BNCC, porém, correm o risco de perder, ainda mais, o seu lugar nas instituições de ensino com a aplicação do “Novo Ensino Médio”, que, de maneira geral, diminui a carga horária de disciplinas imprescindíveis no ensino de Geociências (Pinto & Carneiro, 2020).

Além do papel dominante da BNCC, outros fatores influenciam o ambiente de pesquisa “Geo-Escola”: (A) o livro didático constitui suporte fundamental do trabalho docente, sendo, muitas vezes, “o único material de consulta que o professor utiliza para fundamentar sua aula” (Silva & Souza, 2020); (B) as ações e estudos sobre Geodiversidade e Geoconservação tiveram grande expansão; (C) a concepção de Geoética fortaleceu-se, reorientando o olhar do pesquisador e do professor em relação à relação humana com a Terra; (D) os chamados “nativos digitais” tornaram-se onipresentes; (E) as *fake news* fragilizaram os mecanismos de divulgação científica.

Livros didáticos

O Livro Didático (LD) é objeto de intensa polêmica, “dentro e fora do circuito acadêmico” (Silva, 2012, p.805), devido à existência de correntes de pensamento em conflito e à supervalorização dos papéis que os livros podem cumprir. A pluralidade de contextos das diversas regiões nacionais impede que o conteúdo dos livros didáticos inclua aspectos particulares da região onde cada escola se situa. A escassa disponibilidade de dados regionais restringe a divulgação das Geociências, cujos conceitos:

(...) são fortemente representativos do ambiente, tratam das diversas relações que os seres vivos estabelecem com o meio físico, e possuem também relevante interface com as questões ambientais (Silva & Souza, 2020, p.3).

Silva & Souza (2020) analisam a presença de conteúdos de Geociências em obras didáticas dos anos iniciais do ensino fundamental, baseados em amostra que abrange livro do aluno e manual do professor de seis coleções selecionadas. Luz et al. (2007) focalizam obras específicas de matemática para as 5ª e 6ª séries do ensino fundamental e concluem que as obras que expõem satisfatoriamente os conteúdos dirigem o olhar do educando e o tornam um “cidadão crítico como sujeito de transformação da realidade” (Luz et al., 2007). Assinalam que um livro “ideal” deve: (a) apontar aspectos históricos; (b) preocupar-se com a abordagem didática e progressiva do tema; (c) permitir a construção do conhecimento pelo próprio aluno; (d) revelar relações dos temas com o cotidiano do aluno; (e) oferecer exercícios que envolvam interpretação e compreensão dos temas; (f) distribuir adequadamente os tópicos (Luz et al., 2007).

Bacci et al. (2009) observam que professores das séries mais adiantadas do ensino fundamental enfrentam grande dificuldade para abordar temas geocientíficos, devido à falta de conhecimento específico, além de envolver conceitos bastante abstratos e distantes do cotidiano escolar; muitas obras limitam-se a dar um tratamento desconexo e superficial (Bacci et al., 2009, p. 3.448). Apoiadas em abrangente revisão da literatura, Zezzo & Coltri (2022) observam que a mudança climática é um tema recorrente no ensino básico, porém, há certa preocupação com a capacitação dos professores para tratar a temática. Concluem que os materiais de apoio podem ser fundamentais na aproximação não só dos alunos como também dos professores, nos mais diversos temas (Silva et al., 2023, Pinto et al., 2023).

No início de novembro de 2023, durante a sessão de abertura do *Simpósio Interfaces Geociências e Ensino: 50 anos de experiências (1973-2023)*, realizado na Unicamp, foi lançado o primeiro volume da série *Ciências da Terra na Educação Básica*, publicado pelo Programa de Pós-Graduação de Ensino e História de Ciências da Terra do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Carneiro, 2023). A obra busca fortalecer um tratamento sistemático da dinâmica terrestre na educação básica, junto com um breve apanhado elementar sobre a complexa, diversificada e riquíssima história geológica nacional. Praticamente todos os capítulos da obra interessam às questões levantadas ao longo do Projeto Geo-Escola e oferecem novos elementos para complementar o trabalho docente, como por exemplo: (1) os desafios e as dificuldades presentes na formação de professores (Esteves & Regalía, 2023, Miguel & Carneiro, 2023, Piranha et al., 2023); (2) a elaboração e a utilização prática de material didático de Geociências (Bacci et al., 2023, Martine et al., 2023, Ribeiro & Argollo Ferrão, 2023, Ribeiro & Zabini, 2023, Ponte et al., 2023); (3) a escassez de textos didáticos a respeito de conceitos usuais de Geociências (Carneiro & Almeida, 2023, Carneiro et al., 2023, Martins & Carneiro, 2023).

Nativos digitais

A expressão “nativos digitais” designa a geração que nasceu na Era Digital, ou seja, são aqueles indivíduos que apreendem o mundo sob total influência das TD, e possuem grande habilidade com tais ferramentas: “são adultos, jovens e crianças que têm acesso rápido e facilitado ao universo das informações digitais” (Kwiecinski, 2019, p.14). É

difícil identificar um marcador para o início dessa geração no Brasil, até mesmo porque, para alguns autores, os *nativos digitais* simplesmente **não existem** (Desmurget, 2001, p.27). Para Prensky (2001a), os nativos digitais nasceram pós-1980 nos EUA, mas a realidade não se aplica no Brasil, como reflexo de atraso no desenvolvimento e também das desigualdades socioeconômicas do país.

A chegada das tecnologias móveis à sala de aula traz tensões, novas possibilidades e grandes desafios. As próprias palavras “tecnologias móveis” mostram a contradição de utilizá-las em um espaço fixo como a sala de aula: elas são feitas para movimentar-se, para levá-las para qualquer lugar, utilizá-las a qualquer hora e de muitas formas. (...) Aprender exige envolver-se, pesquisar, ir atrás, produzir novas sínteses fruto de descobertas (Moran, 2013, p.1).

Se, por um lado, o “mundo da informática ainda está em acelerada construção, mudando de uma geração para outra no máximo a cada dois anos” (Meira, 2003, p.25), por outro, a maior parte dos professores atualmente em atividade faz parte do grupo chamado de “imigrantes digitais” (Piscitelli, 2009). São aqueles que aprenderam e adotaram vários aspectos das novas tecnologias, mas permanecem com um “sotaque digital”, que preserva traços da antiga linguagem utilizada. Anedoticamente, são os que pedem para “imprimir um e-mail”, fazem a leitura de um manual de programa em lugar de assumir que este pode ensiná-los a usar, ou trazem pessoas ao escritório para ver site interessante, quando bastaria enviar-lhes a respectiva URL. Prensky (2001^a), sugestivamente, indica que cabe a nós, imigrantes digitais, “rir de nós mesmos” e dos nossos “sotaques”. Estaríamos nós, os imigrantes digitais, preparados para esse tipo de adaptação?

Identifica-se verdadeiro abismo entre o uso das TD na vida social e na educação escolar (Tezani, 2017): os nativos digitais preferem o uso intensivo de computadores, celulares e *tablets* em sala de aula; realizam várias tarefas ao mesmo tempo e usam qualquer ferramenta digital para se conectar à WEB. As tecnologias móveis desafiam a escola a abandonar o formato tradicional de ensino, no qual o docente é centro do saber, para formas de aprendizagem participativas e integradas, que intercalem momentos presenciais e outros a distância. Estar virtualmente juntos valoriza a interação, preserva e acentua vínculos pessoais e afetivos (Moran, 2013). É preciso “inventar metodologias para Nativos Digitais

para todas as matérias, e todos os níveis, usando nossos estudantes para nos guiar” (Prensky, 2001a); é provável que os jogos digitais ajudem a “alcançar os nativos digitais em sua ‘linguagem nativa” (Prensky, 2001b).

À medida que mudam os nativos digitais, o êxito da educação passa a depender do entendimento completo de quem são e de como aprendem, o que implica mudar o formato linear, baseado na fala e na leitura, do ensino-aprendizagem escolar (Prensky, 2001^a). A linguagem e os modos de reflexão mental dos nativos digitais são diferentes: eles permanecem mais horas conectados a ambientes de informação virtual; respondem simultaneamente a e-mails e mensagens de celular; jogam videogames e assistem televisão, deixando poucas horas dedicadas à leitura (Prensky, 2001^a), o que acarreta transformação evidente nos mecanismos cerebrais. Em reforço a esse comportamento, ocorre “uma competição feroz entre as redes sociais para disponibilizar mensagens sempre mais frescas e em maior abundância”, de modo a capturar a atenção do leitor-usuário desse tipo de informação (Carr, 2011, p.170).

Os alunos de hoje apresentam curtos períodos de atenção; eles decidem quando isso ocorre, ou não. Além disso: (a) anseiam por interatividade, pois compreendem o mundo a partir de imagens e cores; (b) preferem gráficos a textos; (c) preferem realizar multitarefas, pois são mais bem-sucedidos ao exercer mais de uma função simultânea; (d) aprendem com mais facilidade se o aprendizado for coletivo.

É comum que os nativos digitais apresentem problemas de assimilação de conteúdos, um resultado das “dificuldades de aprendizagem, baixa atenção e concentração, sintomas de ansiedade, todos envolvidos com o consumo e uso demorado de celulares, computadores, tablets e outros dispositivos que possibilitam o acesso à internet” (Kwiecinski, 2019, p.17).

Como fazer com que os alunos relacionem, comparem, contextualizem, aprofundem e sintetizem resultados? Estamos diante de um problema a ser contornado: professores que falam a linguagem pré-digital com fluência carregaram o “sotaque” para o mundo de hoje, lecionando para a geração conectada, cuja linguagem é totalmente diferente e única (Piscitelli, 2009). A despeito de se ajustar a postura docente ao cenário atual de modernização e ampliação das fontes, é clara a perspectiva de que o professor continua sendo indispensável, pois sua presença distinguirá o caráter formativo do meramente informativo, na imensa gama de material digital disponível (Alves & Souza, 2011).

Notícias falsas

As notícias falsas (*fake news*) são um tipo de informação que resulta da intenção deliberada de *enganar*: ao se assumir uma aparente “veracidade”, busca-se atingir um fim nefasto, como prejudicar “um indivíduo, uma empresa, um partido, uma ideia, um projeto, e até um conceito científico” (Oliveira et al., 2021). A veloz circulação de informações e notícias no mundo digital, desprovida de filtros para separar o falso do verdadeiro, nos desafia a identificar as notícias falsas de modo claro e consistente. Nos primeiros módulos do Projeto Geo-Escola a questão não era relevante, mas se agravou com o tempo: atualmente, por meio da circulação de notícias falsas em redes sociais, certas correntes atacam, intensa e deliberadamente, resultados bem estabelecidos pela Ciência, visando enfraquecê-los. Assim, a presença das *fake news* no ambiente escolar criou uma barreira importante ao aprendizado em Ciência.

Em paralelo, o amplo acesso ao conhecimento científico pela internet ocultou algumas limitações da atividade de pesquisa, que inclui as seguintes etapas: a criação do conhecimento científico, a documentação e a popularização desse conhecimento (Lievrouw, 1992, apud Mueller, 2005). O quadro tem implicações até mesmo na “definição dos rumos da pesquisa” (Mueller, 2005) e impõe a necessidade de que todo professor seja capaz de avaliar criticamente a informação exposta, para comunicá-la com intenção pedagógica e sob princípios éticos, buscando concentrar-se no desenvolvimento, por parte dos estudantes, da capacidade de análise reflexiva, crítica e criativa (Echavarría, 2013).

A ciência pode ser entendida como um conjunto aberto e mutante do conhecimento e da cultura que o ser humano “acumula, desenvolve, registra e transmite para outros ao longo dos milênios” (Oliveira, 2009). Uma pessoa cientificamente alfabetizada é capaz de ler, compreender e opinar de maneira bem fundamentada (Germano & Kulesza, 2007) sobre temas que guardem relação com Ciência. A recíproca é impactante:

(...) a ignorância de fatos básicos da ciência produz cidadãos ingênuos, propensos a acreditar facilmente em fatos pseudo-científicos, potencialmente prejudiciais a si próprio e à sociedade (Mueller, 2005, p.2).

Assim, a Divulgação Científica (DC) cumpre a relevante função de comunicar ciência para um público que não domina o tema que é

divulgado, sendo necessário adequar a linguagem ao público-alvo (Oliveira, 2009), sem no entanto falsear-lhe o significado.

Geodiversidade e Geoconservação

É vertiginoso o aparecimento de contribuições derivadas do conceito de Patrimônio Geológico (*Geologic Heritage* ou *Geoheritage*), nas últimas décadas (Fig. 2). A ideia de patrimônio pode ser relacionada à ideia de herança: “algo que recebemos de nossos antepassados e que, portanto, deveríamos transmitir a nossos descendentes” (Fernández-Martínez, 2014). A concepção possui uma dualidade, porque abriga dois componentes complementares; um deles é objetivo (um bem material, como um afloramento ou uma rocha, ou imaterial, como uma tradição ou um idioma), enquanto o outro está ligado ao valor que se atribui ao elemento considerado, que pode ser tanto um valor científico, “para desvendar o passado, entender o presente ou predizer o futuro”, quanto um valor educativo e um valor cultural. No caso do valor educativo, selecionam-se locais que podem ser utilizados “para transmitir os métodos e conhecimentos de que dispomos sobre a parte abiótica da Terra” (Fernández-Martínez, 2014).

A nova perspectiva dos estudos de geopatrimônio sobre lugares tão especiais, que nos contam “uma história, nos mostram como chegamos a conhecê-la e além disso exercem poderosa atração sobre muitas pessoas” (Fernández-Martínez, 2014), levou ao desenvolvimento de pesquisas sobre caracterização de Geodiversidade, em termos nacionais ou regionais, tendo como resultado uma miríade de oportunidades de difusão do conhecimento junto à população em geral.

Nos últimos anos, as ações de inventariação, valoração e valorização deste patrimônio vêm constituindo um campo importante aos geocientistas, contribuindo para a conservação das ocorrências de inegável valor científico, pedagógico, cultural e/ou turístico, que são importantes para a compreensão da dialética entre história da Terra e ocupação antrópica (Pereira et al., 2016, p.196).

Não há como se tratar de Geodiversidade sem pensar em Geoconservação, o que conduz à ênfase em pesquisas situadas na interface entre a conservação da natureza e as políticas de ordenamento territorial (Brilha, 2009). Para serem bem conduzidas, as medidas de Geoconser-

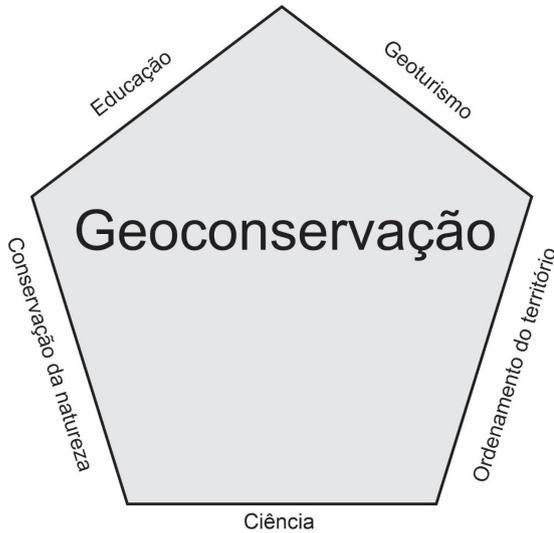


Figura 2. Principais componentes dos estudos relacionados e Geoconservação.
Fonte: Modif. de Brilha (2009)

vação dependem da implementação de ações educativas, quer em nível nacional, quer em termos regionais, neste caso voltadas à educação não formal (Brilha, 2009). São temáticas relevantes para desenvolver “a identidade cultural dos indivíduos e territórios” e identificar locais de máximo valor, a serem protegidos e preservados, contribuindo assim para “geração de emprego e renda sustentáveis por meio do geoturismo” (Pereira et al., 2016).

Geoética

A baixa eficácia educacional brasileira situa-se na raiz de muitos problemas, mas ela não está isolada: associa-se a um frágil sentimento de cidadania (Siqueira, 2018). Tal conjugação perpetuará certos impasses, ao longo do tempo, que tornarão ainda mais distante a possibilidade de se corrigir problemas. Abordagens integradas, tais como as proporcionadas pela Geoética, estimulam que o futuro cidadão aprimore seu espírito crítico acerca das interferências humanas na natureza, de modo a atuar responsavelmente em sociedade, ocupar o ambiente e aproveitar os recursos e os materiais e, ao mesmo tempo, lidar com os efeitos dos fenômenos naturais (Toledo, 2005).

A Geoética é componente essencial na formação acadêmica de diversas categorias profissionais (Carneiro et al., 2019b). O terreno, fértil para análise, debate e tomada de decisões acerca das intrincadas relações entre ciência e política (Sarewitz, 2020), determinará, a médio prazo, firme correção de rumos, que envolvem o ensino-aprendizagem das Ciências da Terra, porque boa parte dos desafios refere-se à componente geoética, de interação homem-natureza e de eliminação de padrões insustentáveis de consumo e ocupação de espaços naturais.

A situação crítica de saneamento básico possui relevante componente geoético – pois os profissionais são chamados a transformar o “nicho humano” (Bohle, 2020), mas o conhecimento das Geociências ficou distante dessa aplicação prática. O quadro acentua a desigualdade social na medida em que permanece estagnado há décadas. O debate e a oportuna reflexão sobre Geoética permitem que os geocientistas questionem a si mesmos sobre “a qualidade do seu trabalho e sua contribuição para um saudável progresso da humanidade” (Peppoloni & Capua, 2019), sobretudo quando se valorizam tecnologias que não sejam predatórias ao meio ambiente ou à saúde.

Discussão

A inserção da ciência na sociedade introduz retroalimentações sucessivas, originadas a partir da própria prática dos cientistas (Boufleuer, 2009). Podemos tomar o exemplo da água potável de boa qualidade, cuja disponibilidade é crítica tanto para garantir adequado abastecimento das comunidades, quanto para superar problemas de saneamento, como os riscos de disseminação de vírus, bactérias e vetores de doenças endêmicas. Embora a água seja o mais básico insumo para a vida, metade das nossas cidades carece de redes de saneamento. A mudança de cenário segue ritmo demasiadamente lento: cidades populosas seguem descarregando águas de drenagem pública e esgoto doméstico em rios próximos (Siqueira, 2018), tornando-as impróprias para consumo imediato. O conhecimento científico é essencial também para solucionar outras questões, como as situações de risco geológico, durante episódios de chuvas intensas ou longos períodos de precipitação, comuns em zonas tropicais, que causam deslizamentos, corridas de lama e detritos.

A tecnologia aproxima, facilita e proporciona infinitas possibilidades de interação professor-aluno, cabendo ao primeiro o controle, não apenas das fontes de busca, mas também do acesso a elas (Moran, 2013,

Silva & Serafim, 2011). Para alunos que demandam novas abordagens educacionais, a principal contribuição das mídias digitais consiste em retirar o professor de uma posição aparentemente “confortável”: ele deixa de ser o centro das atenções e participa do debate como mediador, estimulando uma aprendizagem participativa e integrada.

A tecnologia educativa digital não pode reforçar a pedagogia tradicional; deve questionar as “regras da escola” (Sancho, 2008), de modo a catalisar mudanças autênticas de postura, dos docentes e dos alunos. Laboratórios de informática nas escolas perdem relevância, pois os equipamentos entram na sala de aula nas mãos dos estudantes e surge “uma imensa variedade de novas ferramentas, fontes aparentemente inesgotáveis de informações e de novas oportunidades de ensino e de aprendizagem. Estudantes escolhem o que querem acessar, gerar, publicar e compartilhar” (Barbosa, 2013). No novo contexto, a escola pode incentivar o gosto pela descoberta, a colaboração, a autonomia, a responsabilidade pelo autoaprendizado, a preferência pelo engajamento e pela experiência (Obliger, 2005, Tapscott, 2010).

Projetos integradores, focados em abordagem pedagógica calcada mais na pesquisa do que na aula – como a investigação prática a partir de situações-problema (Minniti et al., 2017) – podem ser caminhos para tratamentos interdisciplinares que levem em conta a contribuição das Ciências da Terra. Embora não exista consenso sobre o uso dos recursos tecnológicos na educação, espera-se que as ferramentas do projeto Geo-Escola se tornem acessíveis e constituam uma alternativa útil para apoiar o trabalho docente. Ao longo do tempo, a produção de materiais paradidáticos e a criação de um acervo para armazenar e disponibilizar gratuitamente os materiais permitiram organizar um repositório amplo (Tab. 1, URL: <http://www.geo-escola.pro.br/>).

Em suma, como afirmaram Imbernon et al. (2023, p.5), “no ‘país do ensino’ não se descrevem fatos, mas são elaboradas representações” e, como discutido por diversos autores previamente citados neste capítulo, a interação com as representações tem poder transformador na reflexão dos estudantes e dos professores. Nesse contexto, os materiais do Projeto Geo-Escola podem oferecer opções para o tratamento de questões atuais como o uso e ocupação do solo, o ciclo hidrológico, as mudanças climáticas, a geoconservação, dentre outros, tratando esses temas de forma lúdica e (re)apresentando o pensamento científico aos docentes e discentes do ensino básico brasileiro.

Conclusões

Expandir limites da autonomia docente e aumentar a independência do professor em suas atividades de rotina e de inovação são questões críticas para o Projeto Geo-Escola, que há mais de 20 anos produz soluções digitais para difusão do conhecimento geocientífico a professores de Educação Básica. O contexto da pesquisa mudou radicalmente, nesse horizonte temporal, envolvendo fatores como: o Livro Didático (LD), as Tecnologias Digitais (TD), a Divulgação Científica (DC) e as concepções de Geodiversidade, Geoconservação e Geoética (GGG). Houve transformações profundas no cenário de investigação: (a) no comportamento do público-alvo; (b) no ambiente normativo; (c) no âmbito das aplicações práticas do conhecimento geológico.

No intervalo de tempo considerado, mudanças importantes afetaram o público-alvo (fator **a**): a disseminação de práticas dos “nativos digitais” interferiu na capacidade de os alunos assimilarem conteúdos; mudou sua dedicação às atividades escolares; reduziu a receptividade para novos conteúdos e enfraqueceu o interesse por temas complexos. A equipe do Projeto Geo-Escola vem testando estratégias para reverter esse quadro. As notícias falsas, por sua vez, fragilizaram os mecanismos de divulgação da Ciência, introduzindo o desafio de habilitar alunos e professores a filtrar *fake news*. Para capacitar cada aluno e cada adulto, depende-se da participação efetiva de professores, habituados com os procedimentos usuais no mundo da Ciência, de teste da veracidade das informações. A questão não se restringe à exigência de uma divulgação científica de boa qualidade ou de uma adequação da linguagem. É crítico dar exemplos concretos e fornecer mecanismos reais para que qualquer pessoa possa escrutinar a veracidade da informação que recebe. O desafio é imenso, sobretudo se considerarmos as dificuldades que rondam muitos estudantes da geração digital. Uma postura mais crítica evitará que o receptor final da mensagem se sinta confuso ou perdido.

A principal mudança normativa (fator **b**) está em pleno debate: a implantação e as subsequentes mudanças na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que interfere direta e simultaneamente em múltiplos aspectos da Educação: currículos, formação docente, materiais didáticos e matrizes de avaliação. No contexto da BNCC, o professor pode assumir o papel de mediador efetivo, em busca de uma aprendizagem participativa.

Ao longo de mais de duas décadas de existência do projeto, as atividades de geração e aplicação do conhecimento geológico (fator **c**) ganharam impulso graças aos estudos sobre Geodiversidade e Geoconservação. O novo enfoque alia-se a uma perspectiva baseada na Geoética, que procura mudar o modo pelo qual as sociedades humanas se relacionam com a Terra.

Lentamente, docentes e alunos se convencem da necessidade de se apropriar do conhecimento geológico local para gradualmente melhorar seu entendimento sobre o planeta. A abordagem, interdisciplinar, expande-se para as atividades de geoturismo, que exploram conceitos típicos das Geociências e ampliam o vínculo das pessoas com a região onde vivem (senso de pertencimento), além de desenvolver a noção de cidadania.

Agradecimentos/Apoio

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aprimoramento de Pessoas de Nível Superior) pela concessão de bolsas aos autores I. N. B. C. Barbosa (mestrado) e D. Amendola (doutorado) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por bolsas de iniciação científica concedidas a alunos de graduação que participaram de várias pesquisas.

Referências

- Alves, T. A. da S., & Souza, R. P. de. (2011). Formação para docência na educação on-line. In: Sousa, R. P., Miota, F. M. C. S. C., & Carvalho, A. B. G. (2011). *Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande: EDUEPB. 276p. URL: http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1484_991_sousa-9788578791247.pdf. Acesso 24.04.2023.
- Bacci, D. C. Oliveira, L. & Pommer, C. (2009). Contribuição da abordagem geocientífica no ensino fundamental: tempo geológico, origem do petróleo e mudanças ambientais. Barcelona, *Enseñanza de las Ciencias*, (n. ext.), 3459-3463. URL: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294705>. Acesso 17.11.2023.
- Bacci, D. L. C., Silva, D. G. da & Rocha, C. H. P. (2023). Atividades educativas e recursos didáticos em Geociências no Ensino Fundamental 1. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 127-150. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.

- Barbosa, R. (2003). *Projeto Geo-Escola: recursos computacionais de apoio ao ensino de geociências nos níveis fundamental e médio*. Campinas: Inst. Geoc., Univ. Est. Campinas. 105p. (Dissert. Mestrado Geociências). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2003.288019>.
- Barbosa, R. (2013). *Projeto Geo-Escola: Geociências para uma escola inovadora*. Campinas: Inst. Geoc., Univ. Est. Campinas. 182p. (Dout.). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2013.920387>.
- Barbosa, R., & Carneiro, C. D. R. (2024). Pensamento crítico e criativo na Educação Básica por meio das Geociências. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2024). *Explorando a Terra na Educação Básica*, volume 2. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra. p. 43-68. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 2). URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/169>. Acesso 27.04.2024.
- Barr, R. B., & Tagg, J. (1995). From Teaching to Learning: A New Paradigm for Undergraduate Education. *Change*, 27, 13-25. URL: <https://www.esf.edu/openacademy/tlc/documents/FromTeachingToLearningANewParadigmforUndergraduateEducation.pdf>.
- Bohle, M. (2020). *Political Geosciences for Citizens of the Anthropocene*. International Association for Promoting Geoethics (IAPG). Official Blog. Posted: 27 Jan 2020. (IAPG Board of Experts, Germany). URL: <http://iapgeoethics.blogspot.com/2020/01/political-geosciences-for-citizens-of.html>. Acesso 15.11.2023.
- Bonito, J., Rebelo, D., Morgado, M., Monteiro, G., Medina, J., Marques, L., & Martins, L. (2011). O Tempo Geológico e a aprendizagem da Geologia: da complexidade da temática às concepções de alunos portugueses do 7.º ano do ensino básico (12-13 anos). *Terræ Didática*, 7(2), 81-92. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/td.v7i2.8637431>.
- Boufleuer, J. P. (2009). Inserção social como quesito de avaliação da pós-graduação. Cuiabá: *R. Educ. Públ.*, 18(37), 371-382. DOI: <http://dx.doi.org/10.29286/rep.v18i37.488>.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, Consed, Undime. 651p. URL: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versoafinal_site.pdf. Acesso 21.04.2023.
- Brilha, J. B. R. (2009). A importância dos geoparques no ensino e divulgação das Geociências. *Geologia USP, Publ. Espec.*, 5, 27-33, out. 2009. URL: www.journals.usp.br/gusppe/article/download/45388/49000. Acesso 24.04.2023.
- Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 270p. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Carneiro, C. D. R., & Almeida, F. F. M. de (obra póstuma). (2023). História geológica da Bacia do Paraná no Brasil. In: Carneiro, C. D. R. (Org.)

- (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 165-208. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, I. N. B. C., & Basilici, G. (2023). Os Paleodesertos Botucatu e Pirambóia e a origem do Sistema Aquífero Guarani. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 208-238. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, I. N. B. C., Amendola, D., Barbosa, R., Malaquias Jr., J. R., Piranha, J. M., Lima, A. T. F., Signoretti, V. V., Miguél, G. F., & Graminha, C. A. (2019a). Plataforma Open-Web Geo-Escola: critérios para inclusão de novos materiais didáticos. *Terræ Didática*, 15(publ. contínua), e019040. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/td.v15i0.8657521>. (Anais IX Simp. Nac. Ens. Hist. Ciências da Terra. Campinas, SBGeo, 2019).
- Carneiro, C. D. R., & Barbosa, R. (2005). Geo-Escola: disseminação de conteúdos de Geociências por meio do computador para docentes de Ciências e Geografia no Nível Fundamental em Jundiá-Atibaia, SP. *Geologia USP - Série Didática, Publ. Espec.*, 3, 71-82. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v3i0p71-82>.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., & Piranha, J. M. (2005). *Professores, computadores e ensino de Geociências: o Projeto Geo-Escola*. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5, Bauru, 2005. *Caderno Resumos...*, Bauru, ENPEC. p. 239.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., & Piranha, J. M. (2007). Bases teóricas do Projeto Geo-Escola: uso de computador para ensino de Geociências. *Rev. Bras. Geoc.*, 37(1), 90-100. DOI: <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.200737190100>.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., Amendola, D., & Barbosa, I. N. B. C. (2022). Two decades of learning in the Geo-School Project: a journey for including Geosciences at schools. *Ciência & Educação (Bauru)*, 28. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320220007>.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., Malaquias Jr., J. R., & Lima, A. T. F. (2014). Projeto Geo-Escola em Cajamar e Monte Mor (SP): ambientes para ensino-aprendizagem e revalorização do lugar. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 47, Salvador, 2014. *Anais...* Salvador, SBGeo. CD-ROM 47CBG, PAP015320. (Sessão Técnica STC01 “Ensino e educação em Geociências”).
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., Piranha, J. M., & Malaquias Jr., J. R. (2016). The Geo-School Project: Local Knowledge on Geosciences for Brazilian Teachers of Basic Education, Athens: ATINER'S Conference Paper Series, No: EDU2016-2055. UTL: <http://www.atiner.gr/papers/EDU2016-2055.pdf>. Acesso 22.11.2016.

- Carneiro, C. D. R., Machado, F. B., Reis, F. A. G. V., Estrella, G. O., Dantas, A. S. L. (2019b). Trajetória do conhecimento geológico no Brasil. In: Reis, F. A. G. V., Kuhn, C. E. S., Figueira, R. M., Viero, A. P. (Eds.) (2019b). *A Geologia na Construção e Desenvolvimento Sustentável do Brasil*. São Paulo: Febrageo. p. 01-34. (Cap. 1). URL: <http://aguasustentavel.org.br/Download/livrogeologia2019.pdf>.
- Carneiro, C. D. R., Toledo, M. C. M., & Almeida, F. F. M. de. (2004). Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na educação básica. *Rev. Bras. Geoc.*, 34(4):553-560. DOI: <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.2004344553560>.
- Carr, N. G. (2011). *A geração superficial: o que a Internet está fazendo com nossos cérebros*. Trad. Mônica Gagliotti Fortunato Friaça. Rio de Janeiro: Agir. 246p. ISBN: 978-85-220-1005-9.
- Castilho-Barbosa, I. N. B., Carvalho, A. M., Miguel, G. F., & Carneiro, C. D. R. (2020). Conhecer para conservar aquíferos: como torná-los visíveis? *Terrae Didactica*, 16, 1-12, e020018. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/td.v16i0.865829>.
- Cervato C., & Frodeman R. L. (2012). The significance of geologic time: cultural, educational, and economic frameworks. *The Geol. Soc. Am., Special Paper*, (486):19-27. DOI: [http://dx.doi.org/10.1130/2012.2486\(03\)](http://dx.doi.org/10.1130/2012.2486(03)).
- Cervato C., & Frodeman R. L. (2013). A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. Trad. M. C. Briani & P. W. Gonçalves, de Cervato C., & Frodeman, R. L. 2012. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, (486), 19-27. *Terrae Didactica*, 10(1), 67-79. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v10i1.8637389>.
- Desmurget, M. (2001). *A fábrica de cretinos digitais. Os perigos das telas para nossas crianças*. Trad. Mauro Pinheiro. São Paulo: Vestígio. 297p.
- Duarte, N. (2006). A pesquisa e a formação de intelectuais críticos na pós-graduação em educação. Florianópolis: *Perspectiva*, 24(1), 89-110. URL: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-54732006000100004&lng=pt&tlng=pt. Acesso 25.04.2023.
- Echavarría, A. L. M. (2013). *Docente 2.0: un (in)formado(r) en el escenario sociodigital del aula universitaria*. In: Quinto Encuentro de Bibliotecas em Tecnologías de la Información y la Comunicación, 2013. p. 1-4. URL: [https://www.semanticscholar.org/paper/Docente-2.0%3A-un-\(in\)formado\(r\)-en-el-escenario-del-Echavarr%C3%ADa-Luis/be22c4ae5cbb162ed5ff2a480142b6e07b4acef1](https://www.semanticscholar.org/paper/Docente-2.0%3A-un-(in)formado(r)-en-el-escenario-del-Echavarr%C3%ADa-Luis/be22c4ae5cbb162ed5ff2a480142b6e07b4acef1). Acesso 25.04.2023.
- Esteves, P. E. C. C., & Regalía, D. A. (2023). Como estão sendo formados em Ciências Naturais aqueles que vão formar? In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 33-50. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Fernández-Martínez, E. (2014). Enseñanza de la geología y patrimonio geológico: una relación de mutualismo que no debemos desaprovechar. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, [online], 22(1), 2. <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/284025>. Acesso 16.11.2023.
- Germano, M. G., & Kulesza, W. A. (2007). Popularização da ciência: uma

- revisão conceitual. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 24 (1), 7-25. DOI: <https://doi.org/10.5007/%25x>.
- Imbernon, R. A. L., Vasconcelos, C., Mansur, K., Gonçalves, P. W., & Carneiro, C. D. R. (2023). Alice no país das rochas e o que ela não encontrou ali. *Terræ Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8673173>.
- Kassar, M. C. M. (2016). Escola como espaço para a diversidade e o desenvolvimento humano. *Campinas, Educ. Soc.*, 37(137), 1223-1240. DOI: <https://doi.org/10.1590/es0101-73302016157049>.
- Kwiecinski, A. M. (2019). EPININ: Escala psicométrica para identificar níveis de infociação e nomofobia em estudantes do sistema superior de ensino. Porto Alegre, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Porto Alegre. 216p. (Dissert. Mestrado). URL: http://atom.poa.ifrs.edu.br/uploads/r/biblioteca-clovis-vergara-marques-4/2/c/f/2cf559991fc31f2bd96ffc9536d39590ec5c122dc5f02856a9619ac913c9b96c/DISSERTA___O_FINAL_-_ANELISE_MAYA.pdf. Acesso 17.11.2023.
- Lievrouw, L. A. (1992). Communication, representation and scientific knowledge: a conceptual framework and case study. *Knowledge and Policy*, 5(1), 6-28. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBFB02692789>.
- Lima, A. T. F. (2013). *O conhecimento socioambiental local como estratégia de valorização do lugar : Projeto Geo-Escola em Cajamar, SP*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 105p. (Mestrado, dissert. Ensino e História de Ciências da Terra). URL: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287184>.
- Lima, M. R. de. (2005). O solo no ensino de ciências no nível fundamental. *Ciência & Educação (Bauru)*, 11(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132005000300004>.
- Luz, A. A. B. S., Oliveira, J. P. F. de, Jacon, M. L., De Luca, N. S., & Alves, S. P. S. (2007). *A geometria na disciplina de matemática: a abordagem dos livros didáticos*. Curitiba: Graphica. URL: <http://www.exatas.ufpr.br/portal/degraf/graphica2007a/>. Acesso 17.11.2023.
- Malaquias Jr., J. R. (2013). *O ensino de Geociências como ponte entre o local e o global: Projeto Geo-Escola em Monte Mor, SP*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 105p. (Mestrado, Dissertação em Ensino e História de Ciências da Terra). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/Unicamp.2013.901871>.
- Marcondes, M. E. R. (2018). As Ciências da Natureza nas 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular. *Estudos Avançados, USP*, 32(94), 269-284. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0018>.
- Martine, A. M., Ricardi-Branco, F. & Beloto, B. (2023). Material didático de Paleontologia para Educação Infantil: o livro “Animais extintos brasileiros”. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 103-126. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.

- Martins, J. R. S., & Carneiro, C. D. R. (2023). Como conceber os imensos intervalos do Tempo Geológico? Desvendando a história da Terra. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 1-32. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Mayer, V. J., Armstrong, R. E., Barrow, L. H., Brown, S. M., Crowder, J. N., Fortner, R. W., Graham, M., Hoyt, W. H., ..., & Shropshire, K. L. (1992). The role of planet Earth in the new science curriculum. *Journal of Geological Education*, 40(1), 66-73. Published online: 12 Feb 2018. DOI: <https://doi.org/10.5408/0022-1368-40.1.66>.
- Mayer, V. J. (1993). *The future of Geoscience in the pre-college curriculum*. In: International Conference on Geoscience Education and Training, 1, Southampton, 1993. *Abstract vol....* Southampton: AGID-IUGS. p. 109. (manuscrito inédito, 10p)
- Meira, S. L. (2003). Um mundo feito (quase completamente) de software. *Ciência e Cultura*, 55(2), 24-28. URL: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000200020.
- Miguel, G. F., & Carneiro, C. D. R. (2023). O Ensino de Ciências da Terra com foco na aprendizagem do estudante. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 69-90. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Mimniti, L. F. S., Melo Jr., J. S. M., Oliveira, R. D., & Salles, J. A. A. (2017). The use of case studies as a teaching method in Brazil. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 237, 373-377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.024>.
- Moran, J. M. (2013). Desafios que as tecnologias digitais nos trazem. In: Moran, J. (2013). *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*. 21 ed. São Paulo: Papirus Ed. p. 30-35. URL: https://moran.ea.usp.br/textos/tecnologias_eduacao/desaf_int.pdf. Acesso 16.11.2023.
- Mueller, S. P. M. (2005). Popularização do Conhecimento Científico. *DataGramZero. Revista de Ciência da Informação*, 3(2), 24-28. Artigo 03 (1 de 11), 21.07.2005. URL: http://www.dgz.org.br/abr02/Art_03.htm. Acesso 15.11.2023.
- New Media Consortium, NMC (2012). *Horizon Report. 2012 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium, Estados Unidos. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED532397.pdf>. Acesso 15.11.2023.
- Oliveira, S. R. de. (2009). Algumas práticas em divulgação científica: a importância de uma linguagem interativa. Campinas: Nucleo-unicamp, Revista *Rua*, 2(15), 89-97. DOI: <https://doi.org/10.20396/rua.v15i2.8638860>.
- Orion, N. (2001). A educação em Ciências da Terra. Da teoria à prática- implementação de novas estratégias de ensino em diferentes ambientes de aprendizagem. In: Marques, L., & Praia, J. (Coords.) (2001). *Geociências nos*

- currículos dos ensinos básico e secundário*. Aveiro: Univ. Aveiro. p. 93-114.
- Peppoloni, S., & Capua, G. D. (2019). Geoética e cultura geológica: consciência, responsabilidade e desafios. Trad. Renata A. Azevedo. *Terra Didática*, 15, 1-7, e19027. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/td.v15i0.8653802>.
- Pereira, R. G. F. A., Rios, D. C., & Garcia, P. M. P. (2016). Geo-diversidade e Patrimônio Geológico: ferramentas para a divulgação e ensino das Geociências. *Terra Didática*, 12(3), 196-208. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v12i3.8647897>.
- Pinto, A. M., Ferreira, L., & Weber, A. K. P. S. (2023). Ensino informal e divulgação das Geociências por meio da Educação Ambiental. *Terra Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-10, e023011. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8672229>.
- Pinto, F. R., & Carneiro, R. N. (2019). *O ensino de Geografia no século XXI: práticas e desafios do/no Ensino Médio*. *Revista GeoInterações*, 3(2), 3-22. URL: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RGI/article/view/1114>.
- Piranha, J. M. (2006). *O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade: o Projeto Geo-Escola em São José do Rio Preto, SP*. Campinas: Inst. Geoc., Unicamp. 222p. (Tese Dout. Geoc.). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2006.386195>.
- Piranha, J. M., Bacci, D. L. C., & Del Lama, E. A. (2023). Educação em Ciência do Sistema Terra na formação de professores. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 51-68. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Piscitelli, A. (2009). *Gênero: a história de um conceito*. In: Almeida, H. B., & Szwako, J. E. (2009). *Diferenças, igualdade*. São Paulo: Berlendis e Vertecchia Eds. (Col. Sociedade em Foco: Introdução às Ciências Sociais). v. 1, p. 116-148.
- Ponte, M. L. da, Camargo, R. P. de & Piranha, J. M. (2023). Práticas pedagógicas e interpretativas para aprendizagem de Ciências da Terra em ambientes externos à sala de aula. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 239-264. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Prensky, M. (2001a). *Digital Natives, Digital Immigrants*. *On the Horizon (NCB University Press)*, 9(5), October 2001. URL: <https://marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>. Acesso 15.11.2023.
- Prensky, M. (2001b). *Do They Really Think Differently?* *On the Horizon (NCB University Press)*. 9(5). URL: <https://marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part2.pdf>. Acesso 15.11.2023.
- Ramos, L. O. L., & Santana, N. O. (2020). Fundamentos da interdisciplinaridade na Base Nacional Comum Curricular: um estudo

- sobre a área de Ciências da Natureza. In: Purificação, M. M., Catarino, E. M., Carneiro, É. N. (Orgs.). (2020). *A educação no âmbito do político e de suas tramas* 5. Ponta Grossa, PR: Atena. 254p. [Recurso eletrônico]. ISBN 978-65-5706-051-3. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.513201805>.
- Ribeiro, M. H., & Argollo Ferrão, A. M. (2023). História em Quadrinhos como ferramenta didática de Astronomia no Ensino Fundamental 2. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 151-164. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Ribeiro, R. A., & Zabini, C. (2023). Perguntas no ensino de Geociências: utilizando origamis para falar sobre Paleontologia. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. p. 91-102. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra). ISBN: 978-65-994829-0-8. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/166>. Acesso 27.04.2024.
- Riggs, E. M. (2020). New challenges, new relevance, and a new central role. *Journal of Geoscience Education*, 68(2), 95-96. DOI: <https://doi.org/10.1080/10899995.2020.1748901>.
- Sarewitz, D. (2020). *Pandemic Science and Politics*. Arizona State University. Issues in Science and Technology, (25.03.2020). URL: <https://issues.org/pandemic-science-politics-values/>. Acesso 15.11.2023.
- Silva, C. P. A. e, & Souza, R. F. de. (2020). Conteúdo de Geociências em Livros Didáticos de Ciências do Ensino Fundamental I: Identificando a Presença e os Temas Abordados. *Ciênc. Educ. (Bauru)*, 26 Epub, nov 09, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320200055>.
- Silva, F. S da., & Serafim, M. L. (2011). Redes sociais no processo de ensino aprendizagem: com a palavra o adolescente. In: Sousa, R. P., Miota, F. M. C. S. C., & Carvalho, A. B. G. (2011). *Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande: EDUEPB. [online] 276p. URL: http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1484_991_sousa-9788578791247.pdf. Acesso 15.11.2023.
- Silva, I. N. M., Alves, J. V. A., & Barreto, C. J. S. (2023). Maquetes e jogos educativos como recursos didáticos para o ensino da Vulcanologia no ambiente escolar. *Terræ Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8671756>.
- Siqueira, L. M. P. (2018). *Geologia humana*. Recife, PE: Ed. Coqueiro. 77p.
- Tezani, T. C. R. (2017). Nativos digitais: considerações sobre os alunos contemporâneos e a possibilidade de se (re)pensar a prática pedagógica. Araraquara, *Rev. Bras. Psicol. Educ.*, 19(2), 295-307. DOI: <http://dx.doi.org/10.30715/rbpe.v19.n2.2017.10955>.
- Zeppo, L. V., & Coltri, P. P. (2022). Educação em Mudanças Climáticas no contexto brasileiro: uma revisão integrada. *Terræ Didática*, 18(Publ. Contínua), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8673173>.

Transposição Didática: da universidade para o museu, do museu para a escola e da escola para a sociedade

Tiago Davi Vieira Soares de Aquino
Giorgio Basilici

Ao longo do tempo, muitos conteúdos ensinados na educação básica podem resultar do conhecimento acadêmico produzido por universidades, em diferentes áreas do saber, como as ciências exatas, as ciências da natureza, as ciências humanas, as pesquisas e os avanços tecnológicos. O processo de ensino-aprendizagem na educação básica depende da adaptação didática do conteúdo a ser ensinado em sala de aula. A diferença entre o ensino escolar (fundamental e médio) e o ensino superior (graduação: bacharelado e licenciatura; cursos superiores de tecnologia), para além dos diversos níveis educacionais, abrange distintas características de ensino, como abordagens pedagógicas, objetivos, metas, ambiente de aprendizagem, expectativas dos estudantes, métodos de avaliação, enfoque teoria-prática.

Não é possível integrar imediatamente o conteúdo acadêmico ao ensino escolar, sem que ele seja submetido a processos de transformação didática. A adaptação pedagógica do conteúdo depende de tratamento cuidadoso, envolvendo avaliação por pares, da qual resulta um conjunto de noções e estratégias de aprendizagem. Tal adaptação pedagógica se baseia em diferentes teorias de ensino e aprendizagem, sobretudo na Teoria da Transposição Didática (Chevallier, 2005), que possibilita ao professor da educação básica um entendimento apurado da importância do conhecimento teórico, ao selecionar conteúdos, desde a origem, muitas vezes resultante da pesquisa de base produzida por universidades, para utilização em sala de aula no ambiente escolar.

Um professor de ciências, sabendo da complexidade do tema, ao preparar sua aula, pode fazer uso da teoria de transposição didática. Por

exemplo, o conteúdo programático sobre geologia e temas relativos ao ciclo das rochas ou formação e origem das rochas sedimentares pode percorrer diferentes caminhos, como segue:

- I. Seleção de conceitos-chaves:** o professor identifica o conceito acadêmico central que deseja ensinar sobre formação das rochas sedimentares e processos associados, para enfatizar durante o processo de ensino: sedimentos, processos de deposição, compactação, cimentação, paleoambientes.
- II. Adaptação do tema para a sala de aula:** nessa etapa, o professor evita a simplificação teórica e busca enfrentar o desafio de entendimento pelos estudantes.
- III. Didatização:** o professor contextualiza e estabelece relações com a vida cotidiana, fazendo conexões diretas com o cotidiano dos alunos, seja no ambiente escolar ou fora dele, relacionando a formação de rochas sedimentares a exemplos familiares, como a sedimentação de camadas de solo, fundo de rios e lagos, observação de formações rochosas em ambientes naturais.
- IV. Instrumentalização:** o professor utiliza recursos visuais, sabendo da natureza visual da geologia, como amostras de rochas sedimentares, modelos tridimensionais ou apresentações de slides, fotos ilustrativas dos processos de formação de rochas.
- V. Consolidação de conteúdo:** o professor planeja atividades práticas, cria modelos de rochas sedimentares em sala de aula ou realiza análise de amostras de sedimentos, possibilitando aos alunos experiências práticas que reforçam o entendimento teórico.
- VI. Progressão pedagógica:** para estruturar o ensino de forma progressiva, o professor inicia com conceitos básicos, como a definição de sedimentos, e avança gradualmente para explicar os processos de compactação e cimentação, permitindo que os alunos construam um entendimento sequencial.
- VII. Processo avaliativo:** ao criar avaliações, o professor elabora questões que evidenciem a compreensão significativa dos alunos sobre a formação de rochas sedimentares, incluindo a aplicação de conceitos a situações do mundo real, como a interpretação de estratos rochosos.

Tais estratégias, recursos e conceitos, quando adaptados às características específicas da Geologia, ajudam o professor a tornar o conhecimento acadêmico sobre formação de rochas sedimentares mais acessível, significativo e ajustado ao contexto da sala de aula em qualquer nível e modalidade de ensino escolar.

O processo de transformar o conhecimento acadêmico para fins de ensino e divulgação é conhecido como Transposição Didática, que consiste na adaptação metodológica da pesquisa de base, produzida por cientistas, pesquisadores e universidades, sem alterar ou simplificar o conteúdo, para ensino em escolas, museus, centros de ciências e atendimento à sociedade interessada. Analisar as etapas às quais se submete o conhecimento acadêmico, ao ser transposto, possibilita uma fundamentação teórica mais aprofundada e detalhada, em paralelo a uma prática de ensino mais crítica, reflexiva e questionadora.

Este Capítulo aborda de que forma o conhecimento acadêmico na área de Ciências da Terra (conhecimento geológico e geocientífico) pode ser transposto didaticamente para aplicação em sala de aula e espaços não formais de ensino, como museus e exposições científicas. Para cumprir essa finalidade, apresenta-se um estudo de caso descritivo, observado e desenvolvido no Geoparque Uberaba, no Museu dos Dinossauros em Peirópolis, Uberaba, Minas Gerais (Aquino, 2018), em que os objetos de ensino expostos passaram por sucessivas etapas de transposição didática, possibilitando divulgação científica e maior aproximação dos visitantes com as ciências.

Ao final do capítulo, são sugeridas atividades aplicadas que auxiliam professores e educadores a ensinar as Ciências da Terra na educação básica, tendo o Museu como principal ferramenta de ensino e divulgação geocientífica.

Importância dos museus na difusão das Geociências

Não há avanço científico e tecnológico sem desenvolvimento e divulgação da pesquisa de base e do conhecimento científico, especialmente nas áreas de Geociências e Meio Ambiente. A pesquisa de base produzida nas universidades estabelece os princípios de uma teoria, de uma hipótese ou da constatação de fatos científicos, que são essenciais para o entendimento do mundo e dos fenômenos que ocorrem no dia a dia (Berbert, 2006). Por vezes, o conhecimento científico produzido

pelas universidades é complexo e pode se distanciar da sociedade, dos programas de ensino e da sala de aula. É preciso buscar meios para publicizar e divulgar a ciência. Pesquisadores da área de educação, como Marandino, Selles & Ferreira (2018), ressaltam a importância do ensino em diferentes meios e espaços educativos, como museus, organizações não governamentais, parques (naturais e outros), revistas, jornais, televisão e demais locais que se conhece por meio da escola, da família ou com amigos: são espaços em que o conhecimento das ciências naturais (biologia, geologia, química, física, matemática) pode circular de maneira clara e objetiva.

No intuito de reforçar o conhecimento construído e transposto, os Museus assumem diferentes papéis, dentre eles, ensino, pesquisa e extensão, especialmente aqueles que estão diretamente atrelados a instituições públicas de ensino como o Museu dos Dinossauros, Museu dos Dinossauros, localizado em Peirópolis, Uberaba Minas Gerais, região de grande interesse geológico internacional e ligado à Universidade Federal do Triângulo Mineiro, constitui o Complexo Cultural e Científico de Peirópolis (CCCP/UFTM), um grande centro de divulgação científica e polo produtor de ciências, em especial as Ciências da Terra.

Em 2024, a importância do Museu dos Dinossauros e de toda a região de Peirópolis foi reconhecida e chancelada pela UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura como Geoparque Mundial da UNESCO em Uberaba, ou simplesmente Geoparque Uberaraba. Esta iniciativa visa promover a conservação geológica, paleontológica e cultural da região, além de estimular o turismo científico e educacional. Um geoparque, reconhecido pela UNESCO, é uma área geográfica unificada onde locais e paisagens de importância internacional são gerenciados com uma visão holística de proteção, educação e desenvolvimento sustentável.

A transformação em geoparque não apenas destaca a relevância científica dos achados de Peirópolis, mas também contribui para a divulgação e ensino das Geociências, bem como possibilita maior envolvimento da comunidade local (e visitantes) com seu patrimônio natural e histórico. O Museu dos Dinossauros possui um acervo com mais de 4.000 peças fósseis, espécimes de diversos grupos em excelente estado de conservação, dinossauros saurópodes e terópodes, crocodilomorfos, quelônios, anfíbio, peixes, mamíferos, além de moluscos, crustáceos, pteridófitas e icnofósseis associados às formações geológicas sedimentares com cerca de 70 milhões de anos passados (Ribeiro et al., 2012, Ribeiro, 2014).

Ao longo de séculos, o conhecimento geológico tem sido construído e publicizado pelas universidades e instituições de pesquisa de todo o mundo. Na educação básica brasileira, conhecimentos de Geologia têm sido ensinados de maneira transversal, com maior ênfase no ensino fundamental II (6º ao 9º ano), tendo como base as disciplinas curriculares de Ciências Naturais e Geografia, ou como inserções ocasionais em atividades extracurriculares.

Segundo Carneiro, Toledo & Almeida (2004), há várias razões pelas quais a cultura geológica deve ser inserida no ensino básico brasileiro, obedecendo às diretrizes educacionais vigentes, sendo a maioria delas ligada ao entendimento da dinâmica terrestre e dos processos que afetam a biosfera; Tempo Geológico e evolução; risco geológico e desastres, e a questão dos recursos naturais disponíveis *versus* sustentabilidade do planeta. Os autores ressaltam que o conhecimento de Geologia proporciona compreensão mínima do funcionamento do planeta e lança as bases do efetivo exercício da cidadania, possibilitando a formação de cidadãos conscientes, capazes de avaliar e julgar as atividades humanas que envolvem uso e ocupação do ambiente e dos recursos naturais.

Teoria da Transposição Didática: objetos, níveis e meios

A transposição do conhecimento não é uma mera redução da ciência dos cientistas, mas sim uma reconstrução que deve selecionar aspectos fundamentais de cada teoria ou modelo e, ao mesmo tempo, ter como critério o fato de o conhecimento ser relevante e útil para os alunos na elaboração de explicações sobre fenômenos naturais.

A Teoria da Transposição Didática (TTD) foi introduzida por Yves Chevallard e Marie Albert Joshua, no trabalho intitulado *Un exemple de la transposition didactique: la notion de distance*, um estudo de caso que analisou as transformações ocorridas quanto à noção matemática existente na distância entre dois pontos. O trabalho teve grande repercussão no âmbito acadêmico, na época, sendo alvo de elogios e de críticas, muitas delas voltadas para a limitação e a aplicabilidade da Teoria da Transposição Didática, ligada inicialmente ao ensino das matemáticas (Astolfi & Develay, 2014). Yves rebateu as críticas no posfácio da segunda edição do seu livro publicado em língua espanhola na década de 1990, justificou e convenceu os acadêmicos da necessidade de transposição dos conhecimentos científicos acadêmicos em seus diferentes níveis e saberes. A obra se tornou referência na área da didática educacional.

TTD pode ser definida como uma teoria que permite analisar, recapitular, tomar distância, pôr em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo e interrogar as evidências, de modo a possibilitar uma vigilância epistemológica durante o processo de ensino (Chevallard, 2005). Em resumo, TTD estabelece o que ensinar e como ensinar, sem alterar o conteúdo acadêmico original, sem se aproximar do senso comum, o que poderia levar a uma banalização do próprio saber. Na perspectiva chevallariana, o sistema didático é um sistema aberto, cuja continuidade está diretamente relacionada à compatibilização com o ambiente. Consequentemente, a transformação do conhecimento acadêmico tem como base o sistema didático, constituído por:

1. *Objeto de Saber*: conhecimento acadêmico, pesquisa de base, conteúdo de referência.
2. *Objeto a Ensinar*: conhecimento produzido pelos cientistas que passa pelos processos de Transposição Didática Externa (ao ambiente acadêmico) e Transposição Didática Interna (em relação a sala de aula / ambiente escolar).
3. *Objeto de Ensino*: produto do conhecimento submetido à Teoria da Transposição Didática, tendo as ciências de base como ensino de referência, podendo ser incluído nos currículos escolares e ensinado em salas de aulas da educação básica e espaços não formais de ensino, como museus e exposições.

Permeando todo o processo de Transposição Didática está a *noosfera*, definida por Chevallard como fio condutor da TTD; é nela que se estabelecem os conflitos, as negociações e as decisões que interferem diretamente nos sistemas didáticos e na transposição dos saberes. *Noosfera* é um conceito central para o entendimento da transposição didática, formada pelas instituições e pelos sujeitos que compõem o sistema de ensino: é nela que se opera a interação entre o sistema e o entorno social. É também na noosfera que encontramos aqueles que ocupam postos principais do funcionamento, que levam a cabo as negociações, amadurecem soluções e promovem resolução de conflitos. Constitui-se, também, como o local de atividade ordinária; trata-se da esfera “onde se pensa” (Marandino, Rodrigues & Souza, 2014). A Teoria da Transposição Didática é dividida, especificamente, em três diferentes saberes, cada qual com suas particularidades, representando diferentes níveis do processo:

Saber Sábio: denominado pesquisa de base, trata-se do conhecimento de referência produzido no ambiente acadêmico/científico. Trata-se de um saber que é desenvolvido por cientistas nos institutos de pesquisa, e que passa pelo julgamento da comunidade científica, com suas normas e regras próprias. Por essas razões, o Saber Sábio possui especificidades intrínsecas do ambiente em que ele é gerado.

4. *Saber a Ensinar*: primeira transposição do conhecimento acadêmico, baseia-se em livros, artigos científicos, revistas, reportagens científicas, exposições em museus e centros de ciências. Situa-se entre o saber de referência (*saber sábio*) e o saber ensinado. Resulta do primeiro nível de transposição do conhecimento acadêmico e está submetido ao segundo nível de transposição (transposição didática interna) a fim de ser utilizado como objeto de ensino em museus, salas de aulas, sistemas de ensino (Fig. 1). São considerados integrantes desta esfera os autores de livros didáticos e de divulgação científica, os professores, os especialistas de cada área, representantes do poder público ligados às áreas de educação e ciências e, também, parte da opinião pública. Os agentes não apenas determinam as transformações, mas também definem os objetos do saber que são alvo da transposição. O jogo de influências e de interesses ocorre no âmbito da noosfera.
5. *Saber Ensinado*: trata-se do conhecimento que chega à sala de aula por meio do currículo escolar, de livros didáticos e paradidáticos, sendo produto do processo de transposição do conhecimento. Abrange o conteúdo ensinado em sala de aula ou exposto em museus, capazes de despertar a curiosidade. Exerce papel auxiliar no ensino formal, dando publicidade aos conteúdos acadêmicos.

A Figura 1 representa de maneira simplificada a Teoria da Transposição Didática nos seus diferentes níveis e processos, circundados pela noosfera, que constitui uma esfera de ação na qual diferentes atores sociais atuam para transformar o saber.

Sousa (2015) caracteriza o entorno do processo como um elemento de grande complexidade, que pode influenciar os saberes que serão selecionados e mais tarde didatizados. Na noosfera, há uma busca principalmente por um reequilíbrio entre os saberes, que orientará a seleção dos elementos do *Saber Sábio*. Este último, quando designado como *Saber a Ensinar*, é submetido aos processos de transposição. Parte do processo assumirá o papel visível neste trabalho que chamamos de Transposição Didática

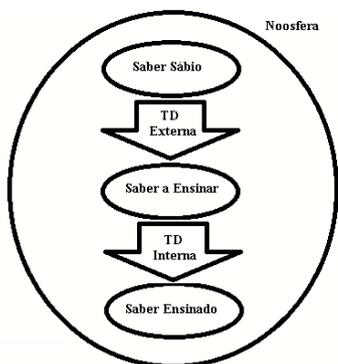


Figura 1. Representação dos processos de Transposição Didática. De cima para baixo, Saber Sábio (conhecimento acadêmico, pesquisa de base), Transposição Didática Externa (externa ao ambiente acadêmico – 1ª transposição), Saber a Ensinar (conteúdo transposto para publicações, artigos científicos, revistas científicas, exposições em museus etc.), Transposição Didática Interna (interna com relação ao ambiente escolar – sala de aula, museus e centros de ciências), Saber Ensinado (conteúdo abordado em sala de aula, currículos escolares, livros didáticos e paradidáticos). Fonte: Sousa (2015)

Externa, em oposição ao trabalho de Transposição Didática Interna, que é realizado dentro do mesmo sistema de educação, bem depois da introdução oficial dos novos elementos no Saber Ensinado (Chevallard, 2005).

Em decorrência das adaptações, transformações e reconstruções que o conteúdo acadêmico (saber ensinado) sofre ao longo de um processo de transposição, surge a necessidade de verificar a forma como os saberes foram didatizados em relação aos saberes de origem, uma espécie de aferição acerca da forma como se deu o processo em termos dos objetivos traçados inicialmente; a aferição é conhecida como uma vigilância epistemológica (Sousa, 2015).

Alguns elementos essenciais caracterizam a Teoria da Transposição Didática:

- *Vigilância Epistemológica*: necessidade de verificar a forma como os saberes foram didatizados em relação aos saberes de origem; deve-se conhecer a trajetória de um saber, as suas transformações até se tornarem saber escolar sistematizado. Discutir como o saber chegou à escola é o ponto de partida para o professor analisar a transposição ocorrida com os objetos do saber. A vigilância epistemológica é uma das condições que determinam a possibilidade de uma análise científica do sistema didático.

- *Cronogênese*: no contexto escolar, cronogênese do saber se refere ao tempo necessário para ensinar e aprender os saberes. Na teoria chevallariana existem dois tempos distintos, o tempo burocrático e o tempo didático. O tempo burocrático está diretamente relacionado à organização escolar, relativo aos programas de ensino, diretrizes, parâmetros e bases educacionais. O tempo didático diz respeito ao processo de ensino aprendizagem. Para Chevallard (2005), o professor é aquele que possui um conjunto de saberes mais complexos que o aluno e, neste sentido, deve determinar um plano de ensino (tempo duração, total de aulas, matérias e métodos etc.) em atendimento ao estabelecido no tempo burocrático.
- *Topogênese*: relacionado às posições que ocupam professores e alunos na sala de aula. Professor como líder, responsável pela metodologia de ensino, abordando sequência e conteúdos simples, avançando para elementos mais complexos.
- *Despersonalização*: o saber deve ser despersonalizado, já que sua origem está vinculada ao seu produtor (cientista); ao ser ensinado, um dos requisitos para se tornar público é perder a ligação, deixar de ser restrito à universidade e se tornar um bem público.
- *Descontemporalização*: refere-se à necessidade de o conhecimento produzido se desvincular de sua origem, em diferentes tempos e espaços: universalizar o conhecimento.
- *Descontextualização*: na medida em que o conhecimento produzido é transposto didaticamente, as condições sociais históricas podem não ser mais levadas em consideração, modificando o seu uso, emprego e originalidade; por outro lado, ainda pode ser aplicado diretamente à realidade do aluno.
- *Naturalização*: o conhecimento ao ser ensinado passa por uma naturalização, faz com que o processo de Transposição Didática aconteça de maneira natural, ratificando o novo saber construído, fundamentando os valores educacionais, didáticos e administrativos da escola.

À luz da Teoria da Transposição Didática, a Tabela 1 apresenta os processos inerentes à transposição do conhecimento acadêmico, os níveis e os meios em que ocorrem. Na sequência, a Tabela 2 apresen-

Tabela 1. Teoria da Transposição Didática, níveis e processos

Processos	Ocorrência	Meios
Transposição Didática Externa	Entre o <i>Saber Sábio</i> e <i>Saber a Ensinar</i>	Artigos e publicações em revistas científicas, encontros, reuniões, simpósios e congressos, nacionais e internacionais da comunidade acadêmica, exposição em museus.
Transposição Didática Interna	Entre o <i>Saber a Ensinar</i> e o <i>Saber Ensinado</i>	Livros didáticos, currículos escolares, planejamento pedagógico.
Noosfera	Permeia todos os níveis e processos da TTD	Todos os materiais produzidos nos processos anteriores.

ta os diferentes níveis da TTD e os principais sujeitos e instituições envolvidas.

A Teoria da Transposição Didática, quando aplicada a diferentes áreas do conhecimento, aproxima a universidade da sociedade, uma vez que o conhecimento produzido pelos cientistas (*Saber Sábio*) se transforma em objeto de ensino e pode chegar às salas de aulas como conteúdos curriculares (*Saber Ensinado*) e espaços não formais de ensino como museus.

Um exemplo observado foi o processo de produção de vacinas em combate ao Coronavírus causador da pandemia de Covid-19: em um primeiro momento, o vírus se tornou um objeto de referência para a comunidade científica, ao ser estudado por cientistas e pesquisadores, em busca de entendimento e soluções para elaboração de uma nova vacina. Em um segundo momento, eles

Tabela 2. Teoria da Transposição Didática, níveis, personagens e instituições

Saberes	Instituições	Personagens
Saber Sábio	Universidades, laboratórios, centros de pesquisas	Cientistas e pesquisadores
Saber a Ensinar	Escolas, museus, centros de ciências, bibliotecas, centros comunitários	Professores, educadores, monitores, autores de livros didáticos paradidáticos, representantes de governo e opinião pública (sociedade)
Saber Ensinado (Divulgado)	Escolas, museus, centros de ciências, bibliotecas, centros comunitários – sociedade em geral	Alunos (escola) e o público visitante dos museus e centros de ciências

compartilham os resultados obtidos em banco de dados acadêmicos globais e publicam parte dos resultados em artigos científicos, capítulos de livros, teses e dissertações e em ambientes externos ao meio acadêmico-científico. A etapa de publicação dos resultados é conhecida como *Transposição Didática Externa*, na qual o Saber Sábico (conhecimento acadêmico de referência sobre o vírus) é submetido a *Transposição Didática Interna* para se tornar objeto de ensino (vacina e vírus) a ser ensinado e discutido em salas de aula, publicizado em livros didáticos e paradidáticos, documentários, revistas, artigos científicos, exposição em museus, programas de TV e principalmente, em vacinas aplicadas na população.

Transposição Didática aplicada às Ciências da Terra

As Ciências da Terra, especialmente a Geologia, estão cada vez mais presentes no núcleo do conhecimento necessário para que os indivíduos e a sociedade possam se desenvolver e participar da vida contemporânea em todos os seus aspectos, o que inclui a apropriação do espaço, a utilização de recursos naturais e a preservação do patrimônio natural (Basilici & Silva, 2010). A Geologia é uma ciência dinâmica e integradora que, com base no estudo de processos superficiais e profundos, oferece explicações abrangentes para a compreensão da dinâmica da Terra, ou seja, da sua evolução no tempo e no espaço (Teixeira, 2014).

A visão holística das Ciências da Terra contribui para aprimorar o conhecimento humano em relação ao funcionamento do planeta, interdependência e interações das esferas econômica, social e ambiental. A Geologia, sob a perspectiva sistêmica, conecta o conhecimento dos processos naturais e seus componentes interdependentes que abrangem a crosta terrestre (parte sólida mais externa da litosfera), hidrosfera (oceanos e outros corpos d'água) e a atmosfera. Ao longo da contínua evolução terrestre (4,6 bilhões de anos), os sistemas e subsistemas integram de tal forma que qualquer mudança em um subsistema afetará de diferentes maneiras os demais sistemas e subsistemas. As Ciências da Terra permitem a realização de ações críticas e integradas. Conforme destacado por Barbosa, R., & Carneiro, C. D. R. (2024), devido às características fundamentadas na realidade e à necessidade de uma elevada capacidade de abstração, imaginação e linguagem visual, as

Geociências oferecem oportunidades enriquecedoras para promover a aprendizagem ativa, ao mesmo tempo em que estimulam o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo.

Por sua vez, a Teoria da Transposição Didática proposta por Chevallard oferece um caminho pelo qual o conhecimento produzido nas universidades chega até a sociedade, ao mesmo tempo em que expõe as constantes transformações, adaptações, níveis e processos ao qual está submetido o Saber Sábio, o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado. A partir de uma visão crítica, é possível reconhecer que o conteúdo resultante da transposição didática abordado em salas de aulas resulta de um complexo processo de reelaboração do conhecimento científico. Da mesma forma, o conhecimento acadêmico produzido por grupos restritos de pesquisadores não deve restringir-se apenas a seus pares, mas sim alcançar a sociedade.

O ensino de Ciências da Terra possibilita um amplo entendimento sobre a história da Terra e a evolução da vida. Quando transpostas didaticamente, as interseções entre Paleontologia (história da vida), Sedimentologia (história da dinâmica deposicional) e Estratigrafia (a evolução do Tempo Geológico) oferecem explicações e possibilitam o entendimento de temas complexos em diferentes áreas do saber, resultando em atividades em salas de aulas, dioramas, linhas do tempo e cartazes em museus.

Um conteúdo acadêmico geológico que tenha sido publicizado em artigos e revistas ou exposto em Museus e outros espaços não formais de ensino é submetido, então, a um conjunto de transformações adaptativas que o tornarão apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. Por exemplo, na Paleontologia, o estudo das rochas sedimentares e dos fósseis nelas contidos ajudam a definir o clima e o ambiente característico observado há milhões de anos (Soares, 2018, 2022, Basilici et al., 2021).

Um dos objetos de ensino da Geologia, a rocha sedimentar, se materializa no saber a ensinar, dada sua complexidade e a natureza interpretativa dos sedimentos que a compõem. Ao analisar uma rocha sedimentar, diferentes possibilidades e teorias podem ser discutidas em sala de aula. Por exemplo, os fósseis, apesar de estarem contidos nas rochas sedimentares, não são os únicos conteúdos analisados por pesquisadores: as características sedimentares e as informações sobre solos antigos (paleossolos) também são conteúdos trabalhados e produzidos por pesquisadores que podem ser publicizados por intermédio

de painéis e imagens com reconstruções paleoambientais, resultantes da análise dos sedimentos, dos processos deposicionais e dos fósseis existentes nas rochas sedimentares.

A Figura 2 ilustra os principais processos envolvidos no processo de transposição didática do conhecimento acadêmico específico sobre rocha sedimentar, sedimentos, fósseis e paleoambientes.

Levando em consideração a Paleontologia, sobretudo os dinossauros, o Saber Sábio é observado no trabalho de Silva Junior et al. (2021), no qual uma pesquisa de base, estritamente acadêmica, aborda uma nova e importante descoberta fóssil. Os autores apresentam à comunidade acadêmica um novo gênero de titanossauro, o *Arrudatitan*, descoberto, descrito e publicado em revistas especializadas. O conhecimento contribui para o desenvolvimento de estudos acadêmicos, pois preenche lacunas importantes na linha evolutiva dos vertebrados, especialmente de grandes répteis pré-históricos, conhecidos popularmente como dinossauros. O nome *Arrudatitan* é uma homenagem ao Prof. Antônio Celso Arruda-Campos [1935-2015], coletor de fósseis, exímio divulgador científico, idealizador e curador do Museu de Paleontologia de Monte Alto.

Uma vez que o conhecimento sobre o titanossauro *Arrudatitan* foi publicado em artigos e revistas especializadas e apresentado ao público em reportagens (Portal G1, 2021) e documentários, o Saber Sábio (acadêmico) foi didatizado e transformado em Saber a Ensinar.

Outro exemplo de Saber Sábio transposto didaticamente em Saber Ensinar é a publicação de Ribeiro & Marinho (2015) na *Scientific American Brasil* (Fig. 3), uma revista de grande circulação nacional voltada para divulgação científica. O conteúdo da reportagem, inicialmente

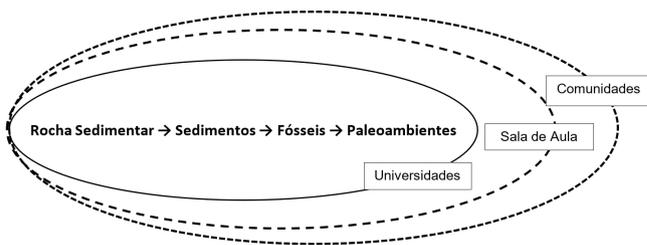


Figura 2. No centro, evolução do conhecimento acadêmico sendo transformado em objetos de ensino e em seguida transposto para sala de aula e para a sociedade (linhas tracejadas)

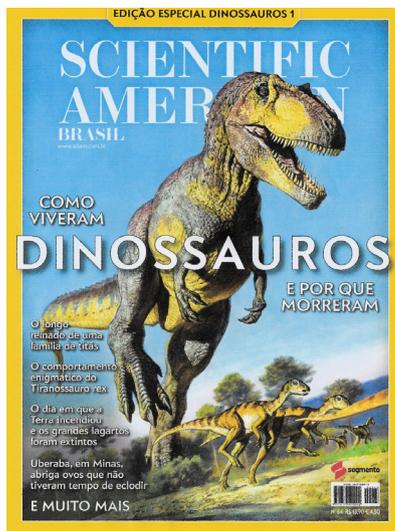


Figura 3. Exemplo de Saber Ensinado (objetos de ensino) transposto externamente e divulgado ao público não acadêmico. Fonte: Ribeiro, Luiz & Marinho, Thiago (2015), Gigantes do Triângulo Mineiro. *Scientific American Brasil*

produzido no âmbito acadêmico, foi transposto para uma linguagem mais simples e acessível para a sociedade.

Ao ser transposto para o ambiente escolar e não escolar, ou publicado em livros didáticos, paradidáticos, materiais institucionais e instrucionais, reportagens, programas de televisão, documentários, revistas de divulgação científica, o *Saber a Ensinar* (conteúdo acadêmico) se transforma em outro tipo de saber, passando a integrar novas demandas educacionais e, por vezes, ajustando-se a elas. Em sala de aula, é necessário que o professor, ou qualquer outro profissional da área de educação e divulgação científica, mantenha um olhar crítico sobre suas práticas (Vigilância Epistemológica) a fim de garantir que seja superada adequadamente a distância existente entre o saber científico e o saber ensinado.

Museu como ferramenta didática

Para além da sala de aula, os museus e espaços de educação não formal são fundamentais para a divulgação científica a partir da transposição didática do conteúdo produzido na universidade. São ferramentas importantes que se somam ao processo de ensino e aprendizagem e uma das principais vias de acesso da sociedade ao conhecimento cien-

tífico acadêmico. Os museus são espaços abertos ao público, acessíveis e inclusivos, que fomentam a diversidade e a sustentabilidade, com a participação das comunidades. Museus funcionam e comunicam de forma ética e profissional, proporcionando experiências diversas para educação, fruição, reflexão e partilha de conhecimentos (ICOM, 2022).

É importante compreender o papel social e educativo dos museus. A educação em museus constitui temática relevante de estudo nos planos nacional e internacional. A transformação do conhecimento científico acadêmico para fins de ensino, pesquisa e extensão (divulgação) não deve se basear em uma simples adaptação ou simplificação de conteúdo acadêmico, trata-se da transformação de um saber mais elaborado em um saber menos elaborado (Marandino, 2002, 2004, 2015, Marandino et al., 2014, Castiblanco, 2014, Sousa & Ricardo, 2013, Sousa, 2015, Almeida & Lorenci Jr., 2020).

No âmbito da educação em museus, Simonneaux & Jacobi (1997), ao estudarem a linguagem presente na produção de pôsteres de uma exposição científica, utilizaram pela primeira vez o termo *Transposição Museográfica*, caracterizada como uma operação delicada de transformação e adaptação do conhecimento no qual as características como espaço, linguagem, conceitos e elementos textuais como narração, descrição, argumentação, explicação e diálogo não podem ser ignoradas na elaboração de cartazes, banners e painéis utilizados em museus.

A didática, por si só, não consegue desenvolver os processos de transposição de forma espontânea, mas exige descobrir o que está escondido na relação entre esses conhecimentos, portanto, deve desenvolver autonomia para decidir em relação a aspectos epistemológicos, estéticos e morais; conseqüentemente, deve decidir qual faceta da ciência mostrar (Castiblanco, 2014, p.98-99).

Asensio & Pol (1999) discutiram o papel dos museus em comunicar mais e melhores mensagens entre pessoas, grupos e culturas, tornando fundamental a realização de estudos sobre a eficácia da mediação comunicativa das coleções no âmbito específico dos museus e das exposições. Assim, os autores discutem os fundamentos da transposição expositiva, afirmando que a adequação de um saber científico para uma exposição em museu é um processo complexo que objetiva a audiência e a recepção do público. O conceito também se aplica aos professores em sala de aula.

Segundo Marandino (2004, 2014), o referencial teórico da transposição didática/museográfica ajuda a perceber que, na socialização do saber científico (saber sábio), esse é um dos elementos que fazem parte da construção do saber museal e escolar; no entanto, ele não é o único, pois outros saberes também participam da constituição do saber educacional. Marandino et al. (2014) chamam a atenção para um olhar mais instruído para as ideias advindas dos conceitos de transposição didática, que fornecem uma ferramenta privilegiada para que o professor possa tomar decisões sobre sua prática pedagógica.

Nesta esfera do saber todos os seus membros convivem em um mesmo ambiente que é a própria instituição escolar. Fazem parte destes grupos os alunos, proprietários de estabelecimentos de ensino, os supervisores e orientadores educacionais, a comunidade dos pais e, principalmente, os professores. Assim, o professor, desde o instante em que prepara suas aulas, tem que fazer a mediação entre os interesses dos membros desta esfera e os fins didáticos de sua prática (Brockington & Pietrocola, 2005, p.394).

Várias considerações devem ser realizadas para que as variáveis que influenciam o processo tenham um mínimo de êxito. Para a adequação e a comunicabilidade do conhecimento acadêmico, em situações de ensino ou de exposição, deve-se ter por base cinco fontes fundamentais de reflexão: a sociocultural, a disciplinar, a psicológica, a didática e a museológica.

Um saber para ser transmitido às gerações futuras deve passar por seleções, sofrendo em seguida adaptações, transformações e modificações de forma a torná-lo compreensível, antes de ser apresentado ao ambiente escolar. Essas adaptações, transformações e modificações que os saberes acabam sofrendo, sugerem-nos um processo de transposição contínuo e, parte dele, deve ser mediado pelo professor durante sua prática no interior da instituição na qual está inserido (Sousa, 2015, p.60).

No estudo de caso apresentado, o Museu dos Dinossauros é um exemplo de clareza e de impactos positivos nos aspectos cultural, social e educativo. Possibilita aos visitantes uma imersão científica, além das exposições fixas e temporárias; oferece visitas *in loco* a um dos locais de escavação e produção do conhecimento científico, como o sítio pale-

ontológico Caieiras, conhecido como *Ponto 1 do Price* em homenagem a Llewellyn Ivor Price [1905-1980], cientista que popularizou o ensino de Geociências na região. As partes fósseis, encontradas na região, de Titanossauros (*Titans* = gigantes na mitologia grega), que são dinossauros saurópodes, herbívoros de quatro patas com cauda e pescoços longos, acham-se expostas no salão principal do Museu dos Dinossauros (Fig. 4C). O assim chamado *Ponto 1 do Price*, onde foram encontrados fósseis do crocodilomorfo *Uberabasuchus terrificus* (Fig. 4A), é outro importante objeto de ensino geológico que desperta a atenção e a curiosidade do público visitante (Aquino, 2018).

A Figura 4 ilustra o processo de construção do conhecimento acadêmico aplicado ao Museu dos Dinossauros, desde os processos iniciais de transposição didática, no qual o objeto de ensino está submetido ao mun-



Figura 4. Esquema simplificado da transposição didática em A – Fóssil recém-descoberto pelos cientistas em processo de extração para análise em laboratório.

B – Pesquisa de base, artigo científico publicado para comunidade científica (Saber Ensinar). C – Museu dos Dinossauros como centro de divulgação científica e difusão do conhecimento (Saber Ensinar). D – Pesquisa científica abordada em sala de aula após passar pelo processo de transposição didática (Saber Ensinado).

Fonte: Adaptado de Aquino, 2018

do acadêmico, até a exposição final no museu, seja temporária ou não.

Desde a coleta em campo para estudos e análises, sucedida pela teorização e publicação dos resultados em artigos científicos, revistas, livros didáticos ou paradidáticos, o conhecimento acadêmico passou por diferentes etapas antes de ser aceito como objeto de referência pela comunidade científica e ser exposto publicamente em museus e trabalhado em sala de aula. Os cientistas coletam os dados, analisam, publicam seus estudos em meios especializados, o que possibilita entender também os museus como ferramenta funcional de ensino e divulgação científica, sendo alimentados por universidades, cientistas e pesquisadores que produzem conhecimentos acadêmicos e utilizam espaço museal como vitrine sem reduzir a pesquisa de base em explicações simples e reduzidas, favorecendo a aprendizagem em sala de aula.

Material Didático

A seguir, apresentam-se algumas sugestões de atividades para professores e educadores.

I - Como fazer uso da Teoria da Transposição Didática em Sala de aula?

Objetivando o enlace entre a teoria estudada com a prática cotidiana observada pelo professor em sala de aula, segue sugestão básica de aplicação visando o processo de transformação do conhecimento científico (em qualquer área para adaptação ao ensino em sala de aula):

Etapas da Transposição Didática

- a. *Seleção*: o professor deve selecionar, no currículo de ensino, quais conceitos e teorias científicas serão abordados em sala de aula. Deve considerar a relevância e a complexidade dos conteúdos, levando em conta o nível de conhecimento dos estudantes.
- b. *Contextualização*: O conhecimento científico complexo é adaptado para torná-lo mais acessível aos alunos. Conceitos abstratos são traduzidos em termos mais concretos e exemplos do cotidiano são usados para facilitar a compreensão.
- c. *Didatização*: A didatização consiste em transformar o conhecimento científico em um conjunto de atividades, materiais e estratégias pedagógicas. Isso envolve a criação de planos de aula, exercícios,

experimentos e outros recursos que permitam aos alunos explorar e aplicar o conhecimento.

- d. *Instrumentalização*: o professor seleciona os recursos educacionais, como livros didáticos, slides, vídeos, visitas a museus e outros recursos didáticos metodológicos que serão utilizados para apoiar o processo de ensino-aprendizagem. Esses recursos devem ser adequados ao público-alvo e auxiliar na compreensão dos conteúdos.
- e. *Consolidação de conteúdo*: Na etapa final, o professor apresenta o conhecimento didatizado aos alunos, promovendo a aprendizagem por meio de explicações, discussões, atividades práticas e avaliações. O objetivo é que os alunos assimilem e internalizem o conhecimento científico transmitido.

Desafios e ponderações

- a. A transposição didática requer uma adaptação cuidadosa do conhecimento científico para o contexto escolar, considerando as características dos alunos e as metas educacionais.
- b. O equilíbrio entre simplificação e originalidade do conhecimento científico acadêmico é fundamental para evitar distorções conceituais.
- c. É importante promover a participação ativa dos alunos, estimulando o pensamento crítico e a curiosidade dos alunos na construção do conhecimento, por meio de atividades práticas e investigativas.

II - Como promover a interatividade em espaços museais?

Visitar museus e relacioná-los diretamente com aulas e atividades dadas é um recurso didático importante e fundamental no processo de ensino e aprendizagem. Para além da sala de aula, a visita *in loco* em museus proporciona momentos pedagógicos memoráveis de aprendizados e interação social que farão parte da vida estudantil do aluno por longos anos, bem como as visitas técnicas e atividades de campo fazem parte da formação universitária de professor.

Com o intuito de auxiliar os professores e educadores de educação básica em atividades extracurriculares e complementares ao conhecimento construídos em sala de aula, seguem quatro sugges-

tões de interatividades (Marandino, 2008) adaptadas das publicações científicas do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação Não formal e Divulgação em Ciência (GEENF), coordenado pela Profa. Dra. Martha Marandino, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Atividade 1: Explorando o setor educativo dos museus

Objetivo

Realizar uma visita ao setor educativo de um museu e explorar a forma como o serviço educativo organiza as ações de mediação com o público.

Etapas

Realização de uma pesquisa, no setor educativo de um museu, orientada pelas questões a seguir. Os dados poderão ser obtidos a partir de diferentes fontes: internet, entrevistas, análise de documentos, entre outros:

- Como é organizado o setor educativo?
- Qual o perfil dos mediadores que atuam na instituição?
- Qual vínculo possuem com a instituição?
- Qual é o tempo de permanência de cada mediador na instituição?
- Quanto tempo é dedicado à mediação com o público por cada mediador?
- Como está estruturado o processo de formação desses mediadores? (Ex. Participam de processos de seleção; existem cursos de treinamento; grupos de estudo etc.).
- Quais atividades envolvem a mediação nesse espaço?
- Quais funções esse profissional exerce no local?
- Com que tipo de públicos os mediadores interagem?

Troca de experiências, reflexões teóricas de apresentação dos resultados a outros grupos e professores/educadores durante a reunião pedagógica semanal da escola.

Atividade 2: Planejando a mediação em um museu

Objetivo

Realizar o planejamento de uma mediação em um museu, frente a uma situação simulada proposta.

Etapas

Apresentação da concepção de um museu fictício, com características a serem detalhadas (tema geral, público-alvo, localização etc.).
Formulação, como situação problema, da necessidade de planejar a mediação para esse espaço.

Planejamento da mediação para o museu apresentado tendo como referência as características descritas no seguinte roteiro orientador:

- Qual deveria ser o perfil dos mediadores para atuar nesse local?
- Qual vínculo os mediadores deveriam ter com a instituição?
- Como deveria ocorrer a sua formação?
- Que tipo de atividades o mediador deve exercer nesse local?

Apresentação do planejamento a outros grupos de professores/educadores durante a reunião pedagógica semanal da escola. Discussão sobre os diferentes tipos de planejamento sugeridos com base nas reflexões teóricas.

Atividade 3: Estudo de caso: visitas guiadas

Objetivo

Analisar uma visita guiada, focalizando a atuação do mediador. A atividade pode ser desenvolvida em três situações:

- Acompanhando uma visita guiada em um museu;
- Analisando um caso, apresentado na forma de um texto, que descreva uma visita guiada (Ex. um trecho das conversações entre mediador e público);
- Analisando um registro em vídeo de uma mediação.

Etapas

Realização de análise da visita, seguindo um roteiro orientador e selecionando, a partir desse roteiro, as questões de interesse a serem observadas. Como exemplo, propõe-se:

- A visita tem uma estrutura que responde a um planejamento didático feito pelo mediador ou é o público quem desencadeia o tipo de visita?
- Qual é o papel do mediador durante a visita?
- A mediação é centrada no mediador ou no visitante (quem domina a fala)?
- É uma visita centrada nos objetos? Ela incorpora outros elementos além daqueles disponíveis na exposição?
- Há imprecisões conceituais na fala do mediador? Em quais situações elas ocorrem?
- O que ganha mais destaque na fala do mediador: os objetos ou os conceitos?

Descreva brevemente a visita tendo em consideração aspectos como o local, a exposição, o tipo de público. Essa representação também pode ser feita por meio de desenho ou apresentada via Power Point a outros grupos de professores/educadores durante a reunião pedagógica semanal da escola.

Atividade 4: Oficina de comunicação

Objetivo

Propiciar reflexões sobre a questão da comunicação e da mediação em museus por meio da construção de discursos sobre objetos expositivos.

Etapas

- Apresentação de um objeto expositivo polêmico ou controverso.
- Elaboração de um discurso de mediação sobre esse objeto.
- Realização de leitura dos diferentes textos produzidos.

Fomento de discussão coletiva sobre as diferentes apresentações e abordagens na reunião pedagógica semanal da escola.

Considerações Finais

Cientistas e pesquisadores, ao desenvolver seu trabalho em laboratórios, universidades e centros de pesquisas, em busca de respostas frente aos problemas identificados, analisam, descrevem, comparam os materiais coletados em campo, levantam perguntas e desenvolvem teorias explicativas iniciais. Após encontrar evidências satisfatórias, respeitando regras estabelecidas, os pesquisadores socializam o conhecimento junto à comunidade acadêmica. Como resultado, são produzidos e publicados artigos e periódicos científicos, em diferentes revistas acadêmicas nacionais e internacionais, em eventos, encontros e congressos específicos da comunidade científica mundial.

O conhecimento produzido pelas universidades e seus pesquisadores, quando chega às salas de aula na educação básica, passou por diferentes transformações e adaptações didáticas. O processo de didatização de conteúdos é fundamental para construção coletiva do conhecimento crítico e transformador. Entender como se dá a transformação do saber acadêmico em Objeto de Ensino propicia ao professor diferentes metodologias de ensino, possibilitando aplicar direta ou indiretamente parte do conteúdo transposto à realidade dos alunos e explorando os saberes e vivências sociais de cada um. Por outro lado, o museu como ferramenta de divulgação geocientífica na educação básica potencializa o ensino, uma vez que as peças expostas resultam dos complexos e variados processos de Transposição Didática e de sua reelaboração para fins de ensino, divulgação e popularização científica. As transformações e as adaptações do conhecimento devem compatibilizar os diferentes saberes produzidos, uma vez que sofrem influência direta e indireta da sociedade.

É necessário transformar didaticamente o conhecimento acadêmico, para que haja maior participação pública na ciência; isso implica maior diálogo entre cientistas e não cientistas, entre ensino superior e educação básica. Ao ensinar é preciso haver neutralidade e distanciamento; a capacidade de argumentação está diretamente relacionada à epistemologia dos processos de ensino e transposição didática. Portanto, nessa dinâmica a educação e o conhecimento se impõem como agentes transformadores.

Em resposta ao princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, reforça-se a ideia de que museus são espaços essenciais para o despertar da criticidade, da curiosidade, do fazer ciência e, principalmente, da democratização do conhecimento acadêmico. A ampliação do acesso aproxima a universidade da sociedade, fortalece o ensino das Ciências da Terra na educação básica e valoriza a função social da universidade, da Ciência e dos cientistas.

Referências e sugestões de leitura

- Almeida, H. & Lorencini Júnior, Á. (2020). Relações entre a teoria da transposição didática e as analogias no Ensino de Ciências. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(6), 644–662. DOI: <https://doi.org/10.26843/rencima.v11i6.2220>.
- Aquino, T. D. V. S. de. (2018) “Vulgarização” do conhecimento científico: a importância da pesquisa sedimentológica do Grupo Bauru para o Museu dos Dinossauros em Peirópolis, MG. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 128p. (Dissert. Mestrado). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2018.994907>.
- Asensio, M., & Pol, E. (1999). *Nuevos escenarios para la interpretación del patrimonio: el desarrollo de programas públicos*. Madrid: Departamento de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid.
- Astolfi, J. P., & Develay, M. (2014). *A didática das ciências*. Campinas: Papirus.
- Basilić, G., & Silva, A. M. B. (2010). *Projeto Pedagógico dos cursos de graduação em Geologia e Geografia*. Campinas, SP: Instituto de Geociências, Unicamp.
- Basilić, G., Mesquita, F. A., Soares, M. V. T., Janoč, P. M. N. & Colombero, L. (2021). A Mesoproterozoic hybrid dry-wetacolian system: Galho do Miguel Formation, SE Brazil. *Precambrian Research*, 359, 106216. DOI: 10.1016/j.precamres.2021.106216.
- Barbosa, R., & Carneiro, C. D. R. (2024). Pensamento crítico e criativo na Educação Básica por meio das Geociências. In: Carneiro, C. D. R. (Org.) (2024). *Explorando a Terra na Educação Básica*, volume 2. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra. p. 43–68. (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 2). ISBN: 978-65-994829-4-6. URL: <https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/book/169>. Acesso 27.04.2024.
- Berbert, C. O. (2006). Ciências da Terra para a sociedade: Ano internacional do Planeta Terra. São Paulo, SP: *Revista USP*, (71), 70–8. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i71p70-80>.
- Brockington, G., & Pietrocola, M. (2005). Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? *Investigações em Ensino de Ciências IENCI*, 10(3), 387–404. URL: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/512>. Acesso 16.02.2024.
- Carneiro C. D. R., Toledo M. C. M., & Almeida F. F. M. de. (2004). Dez motivos para a inclusão de temas de geologia na educação básica. *Revista*

- Brasileira de Geociências*, 34(4): 553-560. URL: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/f57881f5-5b8a-4862-b3bd-d6d35c842369/1447671.pdf>. Acesso 16.02.2024.
- Castiblanco, J. E. M. (2014). La transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado autor: Yves Chevallard. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. 9(2), 97-100. (jun-dez 2014). DOI: <https://doi.org/10.14483/jour.gdla.2014.2.a07>.
- Chevallard, Y. (2005). *La transposición didáctica. Del saber sábio al saber enseñado*. 3 ed. 3ª reimpressão. Buenos Aires, Argentina: Aique Grupo Editor. URL: https://nelsonreyes.com.br/LIVRO_LA%20TRANSPOSICION%20DIDACTICA.pdf. Acesso 16.02.2024.
- International Council of Museums (ICOM). (2022). *224 Years of defining the Museum*. Czech Republic: International Council of Museums. URL: https://icom.museum/wp-content/uploads/2020/12/2020_ICOMCzech-Republic_224-years-of-defining-the-museum.pdf. Acesso 30.12.2023.
- Marandino, M (2015). Análise sociológica da didática museal: os sujeitos pedagógicos e a dinâmica de constituição do discurso expositivo. São Paulo, SP: FEUSP *Educação e Pesquisa*, 41(3), 695-712, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-9702201507133421>.
- Marandino, M. (2002). *Da transposição didática a recontextualização: sobre a transformação do discurso científico na elaboração de exposições de museus*. In: Caxambu, MG: 25ª Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPED). URL: <http://25reuniao.anped.org.br/posteres/marthamarandinop04.rtf>. Acesso 30.12.2023.
- Marandino, M. (2004). Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. Campinas, SP: *Revista Brasileira de Educação*, (26). URL: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/yqfBhHLYzs9CFcHdH9rCkms/?format=pdf&lang=pt>. Acesso 30.12.2023.
- Marandino, M. (Org.) (2008). *Educação em museus: a mediação em foco*. São Paulo, SP: Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Não Formal e Divulgação em Ciência (Geenf/FEUSP). URL: <http://www.geenf.fe.usp.br/v2/wp-content/uploads/2012/10/MediacaoemFoco.pdf>. Acesso 30.12.2023.
- Marandino, M., Rodrigues, J., & Souza, M. P. C. (2014). Discutindo o conceito de célula em materiais didáticos para o estudo da transposição didática na formação de professores. *Revista da SBEnBIO*, (7), 42764287. URL: <http://www.geenf.fe.usp.br/v2/wp-content/uploads/2015/10/revista-sebnbio-artigo-martha.pdf>. Acesso 30.12.2023.
- Marandino, M., Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2018). *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo, SP: Ed. Cortez.
- Martins, P (2021). *Pesquisadores descobrem gênero de dinossauro que viveu há 85 milhões de anos no interior de SP*. Portal G1. URL: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2021/05/04/pesquisadores-descobrem-genero-de-dinossauro-que-viveu-ha-85-milhoes-de-anos-no-interior-de-sp.ghtml>. Acesso 16.02.2024.
- Portal G1 (2021). *UFTM divulga cronograma da XX Semana dos Dinossauros*.

- Portal G1. URL: . <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2021/10/04/ufm-divulga-cronograma-da-xx-semana-dos-dinossauros.ghtml>. Acesso 16.02.2024.
- Ribeiro, Luiz & Marinho, Thiago. (2015). *Gigantes do Triângulo Mineiro*. São Paulo, SP: Ed. Segmento. *Scientific American Brasil*, (64), 64-71.
- Silva Junior, J. C. G., Martinelli, A. G., Iori, F. V., Marinho, T. S., Hechenleitner, M. E. & Langer, M. C. (2021): Reassessment of *Aeolosaurus maximus*, a titanosaur dinosaur from the Late Cretaceous of Southeastern Brazil. *Historical Biology. An International Journal of Paleobiology*, 34 (3), 403-411. DOI: <https://doi.org/10.1080/08912963.2021.1920016>.
- Simonneaux, L. & Jacobi, D. (1997). Language constraints in producing prefiguration posters for a scientific exhibition. *Public Understanding of Science*, 6(4), 383-408. DOI: <https://doi.org/10.1088/0963-6625/6/4/005>.
- Soares, M. V. T. (2018). *Arquitetura deposicional e dinâmica de sistemas fluviais de ambiente semi-árido: o Grupo Bauru no Triângulo Mineiro (Cretáceo Superior)*. 2018. 1 recurso online. Campinas, SP. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 81 p. (Dissert. Mestrado). DOI: 10.47749/T/UNICAMP.2018.1009851.
- Soares, M. V. T. (2022). *Distribuição de depósitos e paleossolos em antigos sistemas megafans: proxies para interpretações paleoambientais e estratigráficas*. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. (Tese Dout.). URL: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/11245>. Acesso 16.02.2024.
- Sousa, W. B. & Ricardo, E. C. (2013). *Uma reflexão sobre o processo de didatização dos saberes escolares sob o olhar da vigilância epistemológica de Chevallard*. Porto, Portugal: II Encontro Luso-Brasileiro sobre o trabalho docente e formação. Universidade do Porto. v. 1, pp. 2140-2150. URL: <https://www.repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=558187>. Acesso 16.02.2024.
- Sousa, W. B. (2015). *A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático aplicadas em um Estudo de Caso no Ensino da Física Moderna e Contemporânea*. São Paulo, SP: Inter unidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo/USP. 273p. (Tese Dout.). DOI: <https://doi.org/10.11606/T.81.2015.tde-14092015-113837>.
- Teixeira, W. (2014). Histórico da Geologia. In: Toledo, M. C. M. de, Teixeira, W. & Bourotte, C. L. M. (2014). *Geologia*. São Paulo, SP: USP/Univesp/Edusp. 280p.

Diálogos entre as Geociências e o Direito Ambiental para promover a educação ambiental

Luciana Cordeiro de Souza-Fernandes
Alexandre Martins Fernandes
Celso Dal Ré Carneiro

Muitos acreditam que, para elaborar um projeto de lei – qualquer que seja a temática – basta somente a boa vontade do legislador, a ocorrência de uma necessidade premente ou a recorrência de um fato que indique sua elaboração. Na verdade, uma condição *sine qua non* para se escrever um projeto de lei, sobretudo nas áreas ambiental e urbanística, é a existência de estudos técnicos das áreas que compõem as Geociências para subsidiar a minuta. Nesse ponto se configura um primeiro diálogo entre Geociências e Direito.

Em outra vertente, um imprescindível e essencial diálogo se estabelece a partir dos processos que devem orientar a educação ambiental como política pública instituída pelo ordenamento constitucional no art. 225, § 1º, inciso VI, que estabelece as diretrizes básicas, por meio da Lei n. 9795/1999, a qual tem como seu regulamento o Decreto n. 4281/2002. De acordo com a legislação, a Política Nacional de Educação Ambiental é uma realidade que ainda busca sua efetivação em todos os níveis de ensino e em cada sala de aula, apoiada pelos partícipes nesta missão/dever de transpor o saber ambiental rumo ao ensino formal e não formal.

No Brasil, a responsabilidade pela execução da educação ambiental, como política pública, pertence aos ministérios da Educação e Cultura (MEC) e do Meio Ambiente (MMA), que gradativamente podem ampliar sua “capilaridade junto aos coletivos educadores”, que podem se tornar parceiros privilegiados para desenvolver as “políticas públicas de educação ambiental” (Sorrentino et al., 2005, p.297).

As políticas públicas em educação ambiental implicarão uma crescente capacidade do Estado de responder, ainda que com mínima intervenção direta, às demandas que surgem do conjunto articulado de instituições atuantes na educação ambiental crítica e emancipatória (Sorrentino et al., 2005, p.285).

A concepção abrangente de Educação Ambiental envolve uma educação cidadã, responsável, crítica, participativa, na qual cada sujeito aprende com base no conhecimento científico e pelo reconhecimento dos saberes tradicionais, possibilitando a tomada de decisões transformadoras, a partir do meio ambiente natural ou construído no qual as pessoas se integram. A Educação Ambiental avança na construção de uma cidadania responsável voltada para as culturas de sustentabilidade socioambiental.

Objetivos

Este capítulo procura estabelecer um diálogo amplo entre o Direito Ambiental e as Ciências da Terra. São conexões altamente oportunas, porque podem fortalecer ações de Educação Ambiental (EA). Um objetivo adicional do texto é estimular a reflexão sobre a pergunta: em que medida o conhecimento de Geociências é aproveitado para fundamentar as políticas ambientais brasileiras? Ao se destacar as diferentes facetas e os nexos possíveis entre os dois campos, enfatiza-se, ao mesmo tempo, que o conhecimento geocientífico é essencial tanto para subsidiar a elaboração de normas e diplomas legais quanto para integrar o processo educacional.

Os recursos, espaços e ecossistemas do planeta são finitos e serão seriamente comprometidos sem mudança radical dos padrões atuais de consumo, especialmente tendo em vista o crescimento populacional verificado desde o século XX (Carneiro, 2021, p.84).

Pressupõe-se que, no caso da EA, os professores de todos os níveis de ensino sejam os protagonistas da difusão do saber. O diálogo Direito-Geociências é importante para os sistemas de ensino formal e não formal, estendendo-se à formação de técnicos e juristas.

Por serem questões de interesse geral da sociedade, deve-se sensibilizar governantes e agentes públicos para as temáticas geológica e ambiental (Carneiro, 2021, p.85).

Os desdobramentos do diálogo “Direito-Geociências” atravessam e penetram todos os setores sociais e econômicos da sociedade, além da necessidade premente de se reorientar as ações dos meios de comunicação que, como será visto adiante, parecem valorizar somente os efeitos e os aspectos negativos das relações da humanidade com o planeta.

A Política Ambiental Brasileira

Ao compularmos a Constituição Federal, deparamo-nos com uma estrutura organizada em diversos temas ao longo de seus 250 artigos. À primeira vista, a proteção ambiental encontra-se alocada em um único artigo, um fato a ser festejado, uma vez que essa é a primeira Carta Magna a destinar um dispositivo específico para o meio ambiente e elevar o tema ao nível constitucional. Destarte, a constatação não pode parar por aí, pois trata-se de uma técnica legislativa que reflete uma lógica própria, ao inserir topologicamente a temática no final do texto, unindo inúmeros artigos antecedentes. Essa verdadeira teia traduz não só a unicidade do Direito, mas também da questão ambiental.

Assim, no Título VIII – Da ordem social, encontra-se o Capítulo VI – Meio Ambiente, composto pelo artigo 225, o qual se subdivide em sete parágrafos. O caput do artigo supracitado, *in verbis*, contempla diversos elementos que permitem iniciar nossa reflexão.

Art. 225. Todos têm direito ao **meio ambiente** ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à **sadia qualidade de vida**, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. [...] (Brasil, 1988) (grifos nossos).

É necessário definir o significado de meio ambiente para entender o âmbito e os contornos a serem delineados para a Educação Ambiental. Em primeiro lugar, deve-se desmistificar a ideia de que, no âmbito legal, o conceito de meio ambiente restringe-se exclusivamente à natureza. A visão limitada do tema “vida” é demasiadamente restritiva e até mesmo equivocada. O Texto Constitucional certamente contempla os elementos da natureza, mas também outros aspectos vinculados à vida, às cidades, à cultura e ao trabalho (Souza-Fernandes, 2020). A principal consideração que se pode extrair do argumento é a de que *meio ambiente* se refere a tudo aquilo que nos cerca, podendo ser *subdividido* para fins de estudo e classificação:

Desta forma, quatro são os aspectos em que se subdividem o meio ambiente: meio ambiente natural, meio ambiente artificial, meio ambiente cultural e meio ambiente do trabalho, os quais encontram tutela mediata no art. 225, CF/88 (Souza-Fernandes, 2020, p.32).

- *Meio Ambiente Natural*: constituído por solo, água, ar atmosférico, flora e fauna, conforme o art. 225, parágrafo 1º, inciso I e VII, CF/88. Diversos ordenamentos legais regem esses temas, como o Código Florestal, Lei de Proteção a Fauna, a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Lei dos Crimes Ambientais, entre outras.
- *Meio Ambiente Artificial*: corresponde ao espaço urbano construído, sendo diretamente relacionado ao conceito de cidade, segundo os artigos 182 e 183, CF/88, regulamentados pelo Estatuto da Cidade (Brasil, 2001).
- *Meio Ambiente Cultural*: traduz a história de nosso povo, a sua formação, cultura, e, portanto, os próprios elementos identificadores de sua cidadania. O conceito de Meio Ambiente Cultural tem tutela imediata no art. 216 da Constituição (Brasil, 1988).
- *Meio Ambiente do Trabalho*: constitui o local onde as pessoas desempenham atividades laborais, remuneradas ou não, cujo equilíbrio depende da salubridade do meio e da ausência de agentes que comprometam a incolumidade física e psíquica dos trabalhadores. O conceito de Meio Ambiente do Trabalho é tutelado pelo art. 200, VIII e art. 7.º, XXXIII, CF/88 (Brasil, 1988).

O Estatuto da Cidade, ou seja, a Lei n. 10.257/2001 (Brasil, 2001), estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos. As regras se estendem, da mesma forma, ao conceito de equilíbrio ambiental. Entretanto, apesar de parte da doutrina referir-se apenas ao espaço urbano, o Estatuto engloba todo o município. Dessa forma, no que diz respeito ao espaço rural, a Lei determina o cumprimento da função social da propriedade agrícola e a preservação do meio ambiente. Os dispositivos estão presentes no artigo 186, CF/88, no art. parágrafo 1º, alínea ‘c’, do Estatuto da Terra (Brasil, 1964) e na Política Agrícola em seu art. 3º, IV (Souza-Fernandes, 2020, p.32-33).

A partir da premissa de que o meio ambiente, embora uno, se apresenta em quatro aspectos complementares, a Constituição Federal estabelece a obrigatoriedade da promoção da educação ambiental nos diferentes níveis de ensino e da conscientização pública para a preservação do meio ambiente (Brasil, 1988, art. 225, § 1º, VI).

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, (...)

Parágrafo 1.º “Para assegurar a efetividade desse direito incumbe ao Poder Público:

IV - exigir, na forma da lei, para instalação da obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade (Brasil, 1988).

Dentro da norma legal, a Educação Ambiental abrange os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. Sendo um componente essencial e permanente da educação nacional, deve estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal.

A importância da Educação Ambiental remonta à Declaração de Estocolmo de 1972 (ver Cetesb, 2020) que estabelece em seu Princípio 19 a obrigatoriedade de levar esse saber a todos.

Princípio 19 - É indispensável um trabalho de educação em questões ambientais, visando tanto às gerações jovens como os adultos, dispensando a devida atenção ao setor das populações menos privilegiadas, para assentar as bases de uma opinião pública, bem informada e de uma conduta responsável dos indivíduos, das empresas e das comunidades, inspirada no sentido de sua responsabilidade, relativamente à proteção e melhoramento do meio ambiente, em toda a sua dimensão humana (Cetesb, 2020, p.5, grifos nossos).

No Encontro Internacional de Educação Ambiental realizado em Belgrado, Iugoslávia, em 1975, e que foi preparatório para a Conferência de Tbilisi (1977), a UNESCO realizou uma pesquisa sobre as necessidades e as prioridades internacionais em matéria de educação ambiental, com a participação de 80% dos estados-membros (Ibama, 1997). Até 1975, as pesquisas realizadas pela UNESCO e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) mostraram que o interesse dos Estados-Membros pela educação ambiental era muito desigual e que, dentre as necessidades mais apontadas, figuravam a

elaboração de planos de estudos e métodos didáticos e, sobretudo, a formação de pessoal. Em 1975, celebrou-se o primeiro intercâmbio internacional de opiniões sobre educação ambiental: o Seminário de Belgrado, organizado pela UNESCO e pelo PNUMA, congregou especialistas de 65 países. Mais tarde, em 1975-77, realizaram-se reuniões de peritos nas diferentes regiões do mundo, bem como encontros nacionais e sub-regionais organizados pelos Estados-Membros. Desse modo, formularam-se os conceitos da educação ambiental. Ao estruturar todas essas reflexões, a Conferência de Tbilisi constituiu-se no ponto de partida para uma nova fase. (Ibama, 1997, p.25)

Na digressão histórica, merece destaque a 'I Conferência sobre Educação Ambiental', ocorrida em Tbilisi na Geórgia, em 1977, considerada um dos principais eventos sobre Educação Ambiental do Planeta. A Conferência foi organizada a partir de uma parceria entre a UNESCO e o Programa de Meio Ambiente da ONU (PNUMA) tendo como principal resultado as definições, os objetivos, os princípios e as estratégias para a Educação Ambiental no mundo. Na Conferência definiu-se que o processo educativo deve buscar a resolução de problemas concretos do meio ambiente, utilizando-se um enfoque interdisciplinar e a participação ativa e responsável de cada indivíduo e da coletividade (Ibama, 1997). Os seguintes objetivos da educação ambiental fazem parte da Recomendação Número 2:

- *Consciência*: Ajudar grupos sociais e indivíduos a adquirir uma consciência do meio ambiente global, sensibilizando-os para essas questões.
- *Conhecimentos*: Ajudar grupos sociais e indivíduos a adquirir experiências diversas e uma compreensão fundamental do meio e problemas afins.
- *Comportamento*: Ajudar grupos sociais e indivíduos a se comportar de acordo com uma série de valores e a criarem interesse e preocupação em relação ao meio ambiente, motivando-os de tal maneira que venham a participar ativamente da sua melhoria e proteção.
- *Aptidões*: Ajudar grupos sociais e indivíduos a adquirir as aptidões necessárias para determinar e resolver os problemas ambientais.
- *Participação*: Proporcionar aos grupos sociais e aos indivíduos a possibilidade de participar ativamente de tarefas voltadas para a solução dos problemas ambientais; (Ibama, 1997, p.103-104).

De volta ao cenário brasileiro, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (Lei 6938/1981, Brasil, 1981) tem grande pioneirismo e abrangência sobre Meio Ambiente nacional. A Lei objetiva a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os princípios presentes no art. 2º, inciso X, tidos como alicerces estruturantes da Política. A Lei (Brasil, 1981) introduziu um novo olhar para o processo educacional, concepção que foi totalmente recepcionada pela Constituição Federal de 1988.

Art 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

(...) X - *educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente* (Brasil, 1981, grifo nosso).

Como visto, o artigo 225, § 1º, VI da CF/88, recepciona a integralidade do texto do art. 2º, inciso X da PNMA, exigindo, assim, a construção de uma política nacional para essa temática, favorecendo também promover destaque ao tema na Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cnumad) – Rio 92, com a elaboração do ‘Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global’, a ‘Carta da Terra e das Florestas’, a ‘Agenda 21’ e uma série de acordos e de tratados internacionais nos quais a educação ambiental perpassa e estrutura seus textos. Outrossim, a CF/88 disciplina que a educação não é só um direito, mas também um dever, que deve envolver toda a sociedade em parceria com o Estado. Desse modo, o processo educacional contempla diversos atores:

Art. 205. A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (Brasil, 1988).

No processo de construção de uma consciência educacional voltada ao meio ambiente, observamos que os programas e dispositivos legais evoluíram ao longo do tempo. O Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA, Ibama, s.d.), definido em 1994, visa assegurar, no âmbito educativo, a integração equilibrada das múltiplas dimensões da sustentabilidade ao desenvolvimento do País, o que inclui as dimensões ambiental, social, ética, cultural, econômica, espacial e política. O ProNEA constitui importante iniciativa para institucionalização da Educação Ambiental no âmbito das políticas públicas, uma vez que busca promover melhor qualidade de vida para toda a população brasileira, por intermédio do “envolvimento e participação social na proteção e conservação ambiental e da manutenção dessas condições ao longo prazo. Nesse sentido, assume quatro diretrizes: Transversalidade, Fortalecimento do Sisnama, Sustentabilidade, Participação e controle social” (Ibama, s.d.). Os órgãos executores do ProNEA são o MEC e o MMA/Ibama, com a parceria do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e do Ministério da Cultura (MINC).

Em 20 de dezembro de 1996, a Lei n. 9.394, sobre as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), regulamentou a base curricular de todos os níveis de educação, assegurando a compreensão do ambiente natural e social a todos os brasileiros, como percebemos no Capítulo II, da Educação Básica, Seção I, das Disposições Gerais:

Art. 22. A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores (Brasil, 1996).

Em outras palavras, o processo educacional deve propiciar a qualificação de todos, de modo a possibilitar que o cidadão cumpra o dever de atuar em prol da sociedade dentro do Estado em suas diversas instâncias. Outra importante ação no nível educacional foi a inclusão da questão ambiental como um dos temas transversais dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em 1997¹:

1 Os PCN passaram por diversas alterações ao longo do tempo, com avanços e retrocessos. Neste trabalho aponto-lo tão somente como marco temporal de inserção da educação ambiental, sem nos atermos às modificações sofridas com relação a EA. Para mais informações, consultar Córdula & Nascimento (2018).

No contexto atual, a inserção no mundo do trabalho e do consumo, o cuidado com o próprio corpo e com a saúde, passando pela educação sexual, e a preservação do meio ambiente são temas que ganham um novo estatuto, num universo em que os referenciais tradicionais, a partir dos quais eram vistos como questões locais ou individuais, já não dão conta da dimensão nacional e até mesmo internacional que tais temas assumem, justificando, portanto, sua consideração. Nesse sentido, é papel preponderante da escola propiciar o domínio dos recursos capazes de levar à discussão dessas formas e sua utilização crítica na perspectiva da participação social e política (Brasil, 1997).

Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, o objetivo 4 trata da Educação de Qualidade na meta 4.7, assim enunciada:

Até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não-violência, cidadania global, e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2023).



Figura 1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (ONU, 2023)

Educação Ambiental

Mas o que é a educação ambiental? Como deve ser realizada e oferecida em todos os níveis educacionais, além de sua promoção não formal?

Em razão do artigo 225, inciso VI da Constituição Federal, e das diversas ações citadas para efetivação da Educação Ambiental (EA) no Brasil, a EA passou a ser regulada como uma política pública de abrangência nacional por meio da Lei n. 9799/99, que define a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), posteriormente regulamentada pelo Decreto 4281/02. A legislação define, entre outras coisas, a composição e as competências do órgão Gestor da Política de Educação Ambiental.

Art. 1º. Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (Brasil, 1999).

Desta forma, a educação nacional é tida como componente essencial e permanente da PNEA, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo, tanto em caráter formal como não formal. Enfatiza-se que, como parte de um processo educativo mais amplo, todos têm direito à educação ambiental, incumbindo a diversos atores essa obrigação legal, não se restringindo ao Poder Público a responsabilidade única, pois caberá a ele definir as políticas públicas necessárias, e assim o fez por meio dos citados diplomas legais.

Art. 3º . (...)

I - ao Poder Público, nos termos dos arts. 205 e 225 da Constituição Federal, definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;

II - às instituições educativas, promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem;

III - aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - Sisnama, promover ações de educação ambiental integradas aos

programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;

IV - *aos meios de comunicação de massa*, colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação;

V - *às empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas*, promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho, bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente;

VI - *à sociedade como um todo*, manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais (Brasil, 1999, grifos nossos).

Neste rol encontram-se também as *instituições educacionais*, que figuram como ‘cabeças de lança’ no atendimento aos ditames legais e que devem atuar na promoção do novo processo educacional. A meta é inserir a educação ambiental no cotidiano da educação pública em todos os níveis de ensino (Sorrentino et al., 2005). Os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama) são formados por representantes do Estado e da sociedade em órgãos colegiados. Parece destoar do conjunto a rotineira atuação dos *meios de comunicação de massa*, que tendem a veicular exclusivamente notícias de situações desfavoráveis e trágicas, até mesmo com uma mensagem subliminar de que pudesse existir uma ‘natureza vingativa’, quando as ações do homem afetam sobremaneira o meio natural ou quando as consequências resultam da simples lei natural da ‘ação e reação’. Nesse caso, parece faltar base científica adequada à informação, o que, evidentemente, prejudica a qualidade na elaboração da notícia. Nesse contexto, os agentes perdem a oportunidade de educar para a cidadania ambiental ou para a participação popular do cuidado de Nossa Casa Comum, em uma verdadeira afronta ao papel delegado pela PNEA.

Não se pode deixar de lado, na composição da Política de Educação Ambiental, a presença das empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas que devem atuar, em seu ambiente laboral, não somente buscando o lucro e a força de trabalho dos colaboradores, mas devem aproveitar este espaço para, sobretudo, oferecer uma educação

sobre meio ambiente do trabalho, proteção ao trabalhador, sua saúde e segurança laboral. E estendendo nesse processo formas de levar na sua prática cotidiana questões outras relacionadas a meio ambiente natural, cultural e construído/artificial.

Por fim, cabe à sociedade como um todo buscar se capacitar e, por meio do saber adquirido, aprendido e apreendido, atuar como agentes multiplicadores em suas residências e comunidades, nos diversos fóruns e conselhos municipais e populares onde poderão opinar, e agir em prol da sadia qualidade de vida tida como objetivo do art. 225 da CF/88, bem como cumprir seu dever constitucional de participação. O princípio da participação presente no art. 225, caput, CF/88, se estabelece na frase “incumbe à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente”. Desse dever decorre a obrigação de a coletividade participar da defesa dos bens ambientais, deixando de ser mera espectadora para se tornar protagonista das relações ambientais. Isso somente será possível, efetivamente, quando todos tiverem acesso à educação ambiental para compreensão da informação ambiental.

A coletividade deve participar e essa participação se dá de inúmeras formas: por meio da iniciativa popular na apresentação de projetos de leis complementares ou ordinárias (federais, estaduais ou municipais) por um determinado número de cidadãos, bem como quando da realização de referendums sobre uma lei relacionada com o meio ambiente ou quando ela é chamada a compor, por intermédio de seus representantes (sindicatos, associações ambientais), os conselhos e órgãos de defesa do meio ambiente, a exemplo de Conama, Consema, Condema, Comissão de Plano Diretor, Comitê de Bacia Hidrográficas, entre outros; além do comparecimento e da participação nas audiências públicas, fiscalização e denúncias aos órgãos ambientais e ao Ministério Público, bem como promovendo ações judiciais para a defesa do meio ambiente (Souza-Fernandes, 2002, p.37-38).

Destarte, os princípios básicos da educação ambiental constantes da PNEA (Art. 4º, Brasil, 1999), são definidos como: o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo; a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade; o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade; a vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais; a garantia de continuidade e permanência

do processo educativo; a permanente avaliação crítica do processo educativo; a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais; e, o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural.

Assim, os objetivos fundamentais da EA buscam promover o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos; a garantia de democratização das informações ambientais; o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social; o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania; o estímulo à cooperação entre as diversas regiões do País, em níveis micro e macrorregionais, com vistas à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade; o fomento e o fortalecimento da integração com a ciência e a tecnologia; o fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como fundamentos para o futuro da humanidade. Ademais, trata-se de um permanente intercâmbio de visões de mundo entre os participantes do processo:

(...) toda relação educativa se fundamenta numa relação que pressupõe a horizontalidade. Não pode ser uma relação entre quem sabe e quem não sabe; entre quem manda e quem obedece. Significa que as diferenças não podem transformar-se em desigualdade; onde há desigualdade obedece-se e não se pensa. A leitura crítica da realidade é construída pela relação horizontal entre estes diferentes modos de apreender o mundo (Pereira, 2022, p.3).

Somente por meio do cumprimento das atribuições legais da PNEA delegadas a todos os diversos atores – com papéis de protagonistas –, orientados pelos princípios e em busca da concretude dos objetivos, poderá a educação ambiental manter uma relação eficaz na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como valor inseparável do exercício da cidadania (art. 1º, II, CF/88), conforme art. 5.º da CF/88 que trata dos direitos fundamentais

da pessoa humana. Por isso, sua prática torna-se um processo relacionado aos programas que convergem para ações de proteção e manutenção da qualidade ambiental.

Já o Decreto n.º 4281/2002 ressalta a exigência do cumprimento da lei e define a Educação Ambiental como “uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal”, porém, não como disciplina específica no currículo de ensino, mas de forma transversal dentro das demais disciplinas existentes.

Neste sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica, de 2012, reconhecem a relevância e a obrigatoriedade da Educação Ambiental como prática para promover a mudança e a transformação social por meio da ética e da cidadania ambiental.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) normatizou em 2017 a educação básica brasileira (Brasil, 2018) e se tornou referência para elaboração de currículos e oferta de componentes curriculares. A BNCC introduziu novos desafios para a educação ambiental, dentre outros temas interdisciplinares e transversais, ao preconizar o direito a aprendizagem e educação integrais. A essência da BNCC reside no desenvolvimento de competências, uma vez que o foco central das normas deixou de ser o ensino para concentrar-se na aprendizagem (Faria et al., 2021).

A Educação Ambiental objetiva o engajamento ativo dos alunos por meio de projetos de intervenção socioambiental que previnam problemas ambientais, podendo ser desenvolvida tanto no ensino formal quanto no ensino não formal. É uma forma de educação construtivista, que possibilita uma visão crítica e concreta dos atores do processo educacional. A educação tomada a partir do meio ambiente também deve reunir os saberes dos povos tradicionais e originários, que sempre partem do meio ambiente, promovendo o pertencimento e o empoderamento dos habitantes em suas localidades.

Corroborando, afirma Seabra (2009) que a educação ambiental

(...) caracteriza-se por construir valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para conservação do meio ambiente, bem como para o uso sustentável do nosso planeta. Ela surge como uma forma do ser humano encarar os problemas ambientais emergentes na sociedade industrial intensificada com a ação antrópica. É exatamente com o intuito de amenizar os impactos ambientais que se observa a importância dos recursos hídricos, sobretudo nas últimas décadas, possibi-

litando uma melhor maneira de sensibilizar os alunos para uma futura mudança de hábitos que abrange desde um consumo moderado até o descarte seletivo. Para que essas reflexões e ações aconteçam, é necessário que os professores desenvolvam atividades diferenciadas e voltadas para a construção do conhecimento cotidiano do aluno, levando em consideração sua realidade (Seabra, 2009, p.46).

Cabe aos professores, nas suas práticas pedagógicas, a função educativa de trazer para a discussão as questões pertinentes ao cotidiano de alunos e alunas, a exemplo daquelas relativas à qualidade ambiental local e global. Neste contexto, os fundamentos teóricos e práticos da Educação Ambiental se revelam como um significativo instrumento de inserção dessa temática de forma transversal nas diversas disciplinas, conforme prevêem os Parâmetros Curriculares Nacionais (Seabra, 2009, p.47).

As Geociências e a Educação Ambiental

O conhecimento das Ciências da Terra exerce papel especial na educação para sustentabilidade da vida: o desenvolvimento cultural de um cidadão depende efetivamente de conhecimentos de Geologia e de Geociências (Pirinha, 2006). Para a Federação Europeia de Geólogos, a Geologia construiu, ao longo de dois séculos de investigação, uma forte base de habilidades, educação e pesquisa que nos ajudam a entender de que forma podemos viver de forma mais sustentável no planeta. Em termos simples, a contribuição da Geologia pode ser sintetizada da seguinte forma: o estudo da estrutura e da história da Terra sustenta o fornecimento de recursos para a população e para a indústria, além de oferecer ampla gama de serviços essenciais (Ver Box 1) (EFG, 2015).

Da mesma forma como é feito para a Biodiversidade, qualquer decisão sobre proteger elementos da Geodiversidade depende de critérios objetivos de avaliação, para determinar o quão singulares e especiais são os geossítios (Carneiro, 2021, p.87).

Temas geocientíficos que precisariam ser mais bem apreendidos pelos especialistas em Direito são a visão sistêmica do planeta e as concepções de Geoética, Herança Geológica e Geodiversidade (Carneiro, 2021, p.85), que integram relevantes contribuições oriundas das Geociências:

- *Geoética*: consiste em uma responsabilidade (social e individual) em relação à Terra, ou uma postura eminentemente ética perante o planeta.
- *Geodiversidade*: compreende a ampla variedade de ambientes geológicos, processos, fenômenos e processos ativos que originaram paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que sustentam a vida (Peppoloni & Di Capua, 2017).
- *Herança Geológica*: resulta do registro, em determinada região, dos efeitos dos processos geológicos atuantes no passado (remoto ou imediato) da região. A história geológica de uma região é essencialmente distinta daquela de outra região, igualmente portadora de feições geológicas ou de relevo, por exemplo, absolutamente singulares. Essa é a principal razão pela qual o legislador ou o profissional da área do Direito precisa conhecer os rudimentos de nossa complexa evolução geológica.

Pirinha (2006) pondera que a formação de uma cidadania planetária depende de conhecimentos de Geociências, associados à perspectiva histórica fornecida pela Geologia. Tais elementos, em conjunto, ajudam a construir um compromisso com as demais espécies com que convivemos e para formar uma consciência de identidade e de pertencimento à Terra.

Conhecimentos de Ciências da Terra contribuem para democratização responsável, introduzindo sentimentos de solidariedade, valorização e respeito à vida (Pirinha, 2006, p.17).

Os múltiplos campos de aplicação das Geociências para a sociedade são apresentados no Box 1, em tradução feita por Carneiro et al. (2020) dos resultados de uma pesquisa da *European Federation of Geologists* (EFG, 2015).

Em uma análise sobre a importância da inclusão de temas de Geologia no Ensino Médio, Carneiro et al. (2004) assinalam o caráter fragmentário e superficial no programa de Ciências no ensino fundamental brasileiro, assim como a falta de uma visão integrada da Terra, de sua constituição, origem, evolução, fenômenos interiores e superficiais, interações entre suas esferas (oceanos, atmosfera, litosfera, biosfera), relações entre o meio biótico e abiótico, questões ecológicas relativas ao consumo de recursos não renováveis (Bonilla, 2007) e o impacto do alto nível de consumo atual de combustíveis fósseis. Os autores

Box 1. Campos de aplicação da Geologia para a Sociedade. Fontes: Carneiro et al. (2020), EFG (2015)

<p>Energia – A necessidade de transição para uma economia de baixo carbono é urgente. No entanto, à medida que gerenciamos a mudança, continuaremos a depender por muitos anos de combustíveis fósseis. As habilidades em Geociências são essenciais em todas as etapas do ciclo energético, desde a localização das fontes de energia até a extração segura e confiável, o uso e o descarte ou reciclagem subsequentes.</p>
<p>Água – Um fornecimento seguro e de alta qualidade de água doce é vital para a saúde e o bem-estar globais. Os geólogos fornecem uma melhor compreensão do movimento da água e do comportamento dos aquíferos, além de identificar e fornecer soluções para a contaminação da água.</p>
<p>Recursos minerais – A indústria moderna, a tecnologia e os produtos de consumo exigem uma vasta gama de minerais, abundantes e raros. Sua extração e comércio constituem uma parte importante de nossa economia nacional e global. À medida que a população e a demanda por recursos crescem, são necessárias tecnologias inovadoras para localizar e extrair minerais.</p>
<p>Projetando o Futuro – Compreender as condições do solo e como edifícios, infraestrutura e pessoas interagem com seu ambiente geológico é essencial para garantir a segurança e o bem-estar do público, agregando valor ao dinheiro e enfrentando os desafios de viver com a mudança ambiental.</p>
<p>Saúde Ambiental – Séculos de desenvolvimento industrial e urbano no Reino Unido deixaram sua marca em nossas terras, rios e atmosfera. A contaminação pode se espalhar entre a geosfera, a biosfera, a atmosfera e a hidrosfera, todas interconectadas.</p>
<p>Valorizando e protegendo o meio ambiente – A importância da geologia e do subsolo na gestão ambiental não pode ser exagerada, pois sustenta todos os principais processos ambientais. A interconectividade e a reciclagem complexas entre a atmosfera, a hidrosfera e a geosfera significam que o gerenciamento ambiental não pode ser restrito a limites ambientais artificiais.</p>
<p>Geohazards – Riscos geológicos, como terremotos, erupções vulcânicas, deslizamentos de terra e tsunamis continuam a ter efeitos devastadores sobre populações, paisagens e economias em todo o mundo. São de suma importância a compreensão e a comunicação desses perigos e como eles terão impacto em várias populações.</p>
<p>Alterações Climáticas – O registro geológico contém evidências abundantes das maneiras pelas quais o clima da Terra mudou no passado. Essa evidência é altamente relevante para entender como pode mudar no futuro.</p>
<p>O Antropoceno – A atividade humana teve um impacto dramático na paisagem e na subsuperfície do planeta, provocando mudanças atmosféricas, químicas, físicas e biológicas significativas. Isso levou alguns a sugerir que estamos entrando em uma nova época geológica – geralmente chamada de Antropoceno.</p>
<p>Geologia de comunicação: tempo, incerteza e risco – As questões geológicas são cada vez mais proeminentes na vida cotidiana das pessoas em todo o Reino Unido – e os geocientistas profissionais precisam aprender a comunicar melhor sua ciência, para permitir que a população em geral participe de debates informados.</p>
<p>Geologia para o futuro – O fornecimento contínuo e a melhoria contínua das áreas dependem da disponibilidade de educação de alta qualidade, treinamento de habilidades e pesquisa. É necessário um bom financiamento em treinamento e pesquisa para manter a base de habilidades e pesquisas no Reino Unido e para competir internacionalmente.</p>

consideram inadiável a inclusão integrada de conteúdos de Geologia e Geociências para o estabelecimento de novas relações da sociedade com o meio ambiente. É desejável que as pessoas consigam visualizar o planeta como um sistema integrado e complexo, no qual existe interação contínua e permanente dos principais componentes – atmosfera, hidrosfera, geosfera, biosfera e noosfera (esfera social) –, e procurem entender os principais padrões e processos na dinâmica da água potável, das rochas, dos solos e da vida em geral.

Carneiro et al. (2004, p.559) propõem “trazer o mundo real para a sala de aula”, ao tratar da importância do ensino das Geociências. O conhecimento das Ciências da Terra permite “acentuar o sentimento de que o indivíduo pertence ao lugar onde vive”. Permite também introjetar o conceito de Tempo Geológico, assegurando uma “perspectiva temporal das mudanças que afetaram o planeta e os seres vivos”, ou seja, permite compreender a história da Terra. Outro aspecto importante assegurado: o ensino das Geociências permite “a formação sobre os riscos geológicos, suas causas e consequências para a humanidade” (Carneiro et al., 2004).

Uma vez que as Geociências realizam uma abordagem multi-inter-transdisciplinar da natureza, e da ação dos seres vivos em particular, é imprescindível que elas estejam presentes em programas de educação ambiental, para que esses campos dialoguem entre si e possam atingir sua máxima potencialidade.

Impacto Ambiental

A educação ambiental concebida como instrumento para o desenvolvimento sustentável deve enfatizar que o crescimento econômico – parâmetro ilusório – deve estar baseado na noção de sustentabilidade socioambiental, a qual, por sua vez, envolve a noção de bom convívio entre desenvolvimento social, desenvolvimento econômico e proteção ambiental, garantindo assim a perenidade da vida em todas as suas formas (Galli, 2007, p.16). A comprovação desse diálogo intrínseco entre Direito e Ciências da Terra pode ser observado em diversas situações fáticas dentro da legislação brasileira, com ênfase nos impactos ambientais e seus reflexos, entre outros que se encontram em inúmeros diplomas legais urbanoambientais (Milaré, 1994, p.54), que exemplificaremos a seguir, sem no entanto esgotar o assunto.

Princípios alicerçam a estrutura do Direito Ambiental, com especial destaque para a prevenção, a precaução e a informação ambiental, os quais necessitam de educação ambiental, quer para os técnicos e legisladores quer para a sociedade de forma geral. Esta, por exemplo, também se torna parte integrante do processo decisório dentro de um projeto com propensão a grandes impactos socioambientais na etapa do licenciamento ambiental por intermédio das audiências públicas.

Neste caso, a primeira questão a entender se refere a o que significa impacto ambiental, a importância do empreendimento pretendido, as etapas do licenciamento – os estudos/documentos técnicos produzidos e como, minimamente, interpretá-los, e as responsabilidades de cada partícipe. Essa é uma formação básica que a educação ambiental deveria focar em todos os níveis de ensino, oferecendo conhecimento e capacitando a todos para o exercício da cidadania ambiental.

Impacto ambiental é, pois, qualquer degradação do meio ambiente, qualquer alteração dos seus atributos. Seu conceito legal é calcado no conceito de poluição, mas não é só por ela que se causa impacto ambiental. Corte de árvores, execução de obras que envolva remoção de terra, terraplenagem, aterros, extração de minério, escavações, erosões, desbarrancamentos etc. são outras tantas formas de impacto ambiental, que, como todas as formas de degradação, se subsumem na definição legal, que se acha inscrita no art. 1º da Resolução 01/1986 do Conama, assim expressa:

“considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota (flora e fauna); as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais” (Conama, 1986).

Qualificar e, quanto possível, quantificar antecipadamente o impacto ambiental é o papel reservado ao EIA como suporte para um adequado planejamento de obras ou atividades relacionadas com o ambiente. É certo que muitas vezes a previsão dos efeitos nefastos de um projeto pode ser muito delicada, pois algumas modificações do equilíbrio ecológico só aparecem muito tarde. Daí a correta consideração do EIA como procedimento administrativo de prevenção e de monitoramento dos danos ambientais. O EIA, em síntese, nada mais é que um estudo das prováveis modificações nas diversas características sócio-econômicas e biofísicas do meio ambiente que podem resultar de um projeto proposto (Milaré, 1994, p.54)

Complementando, vale lembrar o que pontua Custódio (1992) ao aduzir que:

Como definição técnica, sem entrar nas particularidades doutrinárias a respeito, considera-se impacto ambiental o conjunto das repercussões e das consequências que uma nova atividade ou uma nova obra, quer pública ou privada, possa ocasionar ao meio ambiente físico com todos os seus componentes (segurança do território) e às condições de vida da população interessada (qualidade de vida) (Custódio, 1992, p.73).

O estudo de impacto ambiental como AIA na PNMA (art 9º, III) é recepcionado pela CF/88 como ‘estudo prévio de impacto ambiental’ (EPIA). Daí surge a necessidade que o AIA seja elaborado no momento certo: “antes do início da execução, ou mesmo de atos preparatórios do projeto”. E, ainda, aduz que não foi à toa que a CF/88 rebatizou o instituto, passando de Avaliação Ambiental na Lei n.º 6.938/81 para “Estudo Prévio de Impacto Ambiental”, enfatiza Benjamim (1992, p.30).

No Brasil, o EIA surge timidamente com a Lei de Zoneamento Industrial - Lei n.º 6803/1980 (Brasil, 1980), que dispõe sobre as diretrizes básicas para zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição – uso estritamente industrial – e restringia-se à exigência para instalação de polos petroquímicos, cloroquímicos e carboquímicos e instalações nucleares. O artigo 10, § 3.º, estabelece:

Além dos estudos normalmente exigíveis para o estabelecimento de zoneamento urbano, a aprovação das zonas a que se refere o parágrafo anterior será precedida de estudos especiais de alternativas e de avaliações de impacto que permitam estabelecer a confiabilidade da solução a ser adotada (Brasil, 1980).

Posteriormente, a Lei n.º 6938/1981, introduziu o EIA como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, no seu artigo 9.º, III. Entretanto, apresentava alguns problemas, já que não havia previsão do conteúdo mínimo do EIA, e ainda não havia uma disposição expressa determinando que o referido estudo fosse prévio à introdução da atividade potencialmente impactante do meio ambiente. O decreto regulamentador dessa Lei, de n.º 88351/1983, expressamente revogado pelo Decreto n.º 99274/1990, foi que trouxe a vinculação da Avaliação de Impacto ambiental aos sistemas de licenciamento, outorgando ao Conama a competência para fixar os critérios basilares para a exigência do EIA com fins de licenciamento.

Ressaltamos que a Constituição brasileira é a primeira a incluir, e, assim, consagrar em um texto constitucional a importância e a obrigatoriedade da realização do Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA),

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, (...)

Parágrafo 1.º Para assegurar a efetividade desse direito incumbe ao Poder Público:

IV - exigir, na forma da lei, para instalação da obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade (Brasil, 1988).

A Resolução Conama 001/86 estabeleceu normas e critérios para o licenciamento ambiental e disciplinou o EIA, dando o seu contorno quanto às atividades que o ensejam, seu conteúdo e procedimento, tendo um rol de obras e atividades no seu artigo 2º, que deve ser interpretado como exemplificativo e não taxativo, como um roteiro básico para elaboração do EPIA. Os artigos 5.º e 6.º são os dispositivos que fixam as diretrizes gerais para a sua elaboração, devendo para tanto ser realizada uma série de análises e avaliações. Dessa forma, devem ser subsidiados por estudos técnicos elaborados por profissionais das áreas de Ciências da Terra.

Diversos são os objetivos do EIA. É de simples percepção o objetivo final do EIA: evitar que um projeto (construção ou atividade), justificável no plano econômico ou em relação aos interesses imediatos de seu proponente, venha, posteriormente, a se revelar nefasto ou catastrófico para o meio ambiente. Trata-se, em síntese, de adaptação de um velho ditado popular: é melhor prevenir que remediar os danos ambientais.

- a. *A prevenção do dano ambiental*: o Direito Ambiental é – ou deve ser – antes de mais nada, um conjunto de normas de caráter preventivo; sua tutela, durante uma longa evolução, ultrapassou a fase repressivo-reparatória, baseada fundamentalmente em normas de responsabilidade penal e civil até atingir o estágio atual em que a preocupação maior é com o evitar e não com o reparar ou reprimir. Desta forma, enfatiza-se a necessidade do estudo ser realizado previamente, ou seja, antes do início da obra/atividade;

- b. *Transparência administrativa*: quanto aos efeitos ambientais de um determinado projeto, alcançada no momento em que o órgão público e o proponente liberam todas as informações de que dispõem, respeitando-se, sempre, os segredos industriais;
- c. *Consulta aos interessados*: não basta que o procedimento do EIA seja transparente. Há que ser, igualmente, participativa. De fato, uma decisão ambiental arbitrária, mesmo que absolutamente transparente não atende ao interesse público. Na elaboração do EIA, o objetivo da consulta aos interessados liga-se ao princípio da participação pública;
- d. *Decisões administrativas informadas e motivadas*: o EIA nasce, cresce e amadurece para a emanção de um ato administrativo: a licença ambiental.

A motivação das decisões com impactos ambientais significativos é basilar no procedimento do EIA. Seria mesmo seu corolário e, quem sabe, seu último objetivo (Benjamin, 1992, p.29-32).

O EPIA é exigido pelos órgãos ambientais, em grandes obras/atividades dentro do processo de licenciamento ambiental, devendo sempre ser realizado por equipe multidisciplinar conforme determina o Conama, inclusive com a responsabilização dos técnicos nas esferas penal, administrativa e cível por informações e ou dados técnicos falsos, que não retratem a realidade fática, induzindo sua aprovação, com ocorrência de danos e impactos ambientais *a posteriori*. Compondo as etapas do licenciamento ambiental, o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) é colocado previamente à disposição da população da área de abrangência do projeto do empreendimento para que se informem e possam participar da Audiência Pública, etapa obrigatória do licenciamento ambiental, para que possam conhecer mais sobre os impactos, opinar, pedir informações complementares e até apresentar discordância sobre o empreendimento. Para tanto, deve estar capacitada para exercer esse importante papel cidadão.

Outrossim, como no exemplo anterior, também pouco se fala de um educar ambiental para o uso do solo, apesar das incontáveis ocorrências danosas de tragédias ambientais; pouco se discute sobre a integração técnico-legislativa nas atividades econômicas com impactos no ambiente, bem como da importância da geologia na gestão e no uso das águas subterrâneas, na ocupação de áreas de encostas e morros e

na mineração, dentre outros. Isso não é novidade: tomemos o Código Florestal² ao estabelecer as áreas de preservação permanente; a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos³, com a elaboração dos planos de bacias hidrográficas e sua integração territorial, tidos como instrumentos de gestão; os regramentos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC)⁴. No tocante às águas subterrâneas, é primordial que se estabeleçam regras legais a partir de estudos técnicos para subsidiá-las, apontando as áreas vulneráveis para um zoneamento correto do uso do solo.

O solo é o elemento chave para a proteção dos aquíferos, pois será pela forma de se ordenar a ocupação e o uso do solo na superfície da Terra que garantiremos o benefício de continuar servindo-nos das águas subterrâneas (Souza, 2009, p.160).

Discussão

Um ponto crítico das relações humanas com o meio ambiente diz respeito, como vimos, à legislação existente sobre impactos ambientais. A Geologia e as Geociências são parte essencial da caracterização do meio físico e das avaliações de impactos. Todos esses assuntos podem ser amplamente explorados, em diversos níveis educacionais, pela educação ambiental. Não resta dúvida de que, para ser eficaz, a educação ambiental deve se inserir no contexto de uma política ambiental responsável, ou seja, definida como um instrumento legal e institucional consistente, pautado no conjunto de princípios doutrinários que atendam às aspirações sociais e governamentais para regulamentar uso, controle, proteção e conservação dos sistemas ambientais (Seabra, 2009).

É viável conciliar desenvolvimento econômico e proteção ambiental, mas tudo depende de se enfrentar adequadamente o desafio educacional, até mesmo porque, com o atual ritmo de incremento demográfico, deve persistir a pressão populacional sobre recursos e espaços territoriais (Carneiro, 2021, p.107).

2 Lei 12651/2012. URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

3 Lei 9433/1997. URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm.

4 Lei 12608/2012. URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm

Existem muitos exemplos que poderiam ensejar a ampliação do presente debate, mas o foco volta-se para uma questão central: somente com conhecimento e entendimento prévio das condições ambientais locais, num verdadeiro processo de educação qualificada para proteção e preservação do meio ambiente em seus quatro aspectos – natural, artificial ou construído, laboral e cultural –, será possível um espírito crítico para exercício da cidadania ambiental no cumprimento do princípio constitucional da participação em prol da proteção da dignidade da pessoa humana, fundamento do Estado brasileiro.

Conclusões

Os normativos legais, que surgem da reiteração de acontecimentos que afetam os aspectos que compõem o meio ambiente e necessitam espelhar a realidade e os aspectos ambientais do território, permitem o viver em sociedade. As normas devem ser elaboradas com *fundamento* pleno e *por intermédio* da Ciência e do conhecimento científico, o que torna o trabalho multi, inter, transdisciplinar e não uma atividade exclusiva de legisladores.

A compreensão do funcionamento da Terra como planeta, bem como de tópicos vinculados à dinâmica dos processos terrestres e à Geodiversidade, contribuem para aprimorar a concepção, a interpretação e a aplicação das leis. Esses pontos revelam a premência de se ampliar e realçar o necessário diálogo entre o Direito Ambiental e as Ciências da Terra, pois a vida em sociedade implica a existência de um território compartilhado, no qual o conceito de Meio Ambiente compreende as esferas natural e construída, o ambiente de trabalho, bem como as esferas intangíveis como a cultural, ou seja, tudo aquilo que existe sobre uma determinada região, seu território e seu povo, seus atributos naturais e culturais, seus hábitos e costumes.

O diálogo é primordial na construção de todo o processo educacional, formal ou não formal, para que os diversos setores da sociedade identifiquem, conheçam, entendam e valorizem o território que habitam. A educação deve ser capaz de ressaltar a importância, a história, as fragilidades do meio ambiente e, sobretudo, permitir que cada habitante se reconheça como pertencente a esse espaço, a esse meio ambiente.

A formulação de políticas ambientais implica o diálogo com as Geociências e, tão importante quanto, depende da participação justa e necessária da sociedade. Para que o processo seja efetivo, a educação é

fundamental, especialmente aquela parcela residente em nosso arca-bouço jurídico sob a denominação de Educação Ambiental. Não é uma disciplina ou um curso, mas um conjunto de saberes que perpassa o processo de formação de cada ser social.

Referências

- Bonilla, J. (2007). La Plaga Moderna: El Consumismo. In: Keinert, T. M. M. (Org.) (2007). *Organizações sustentáveis: utopias e inovações*. São Paulo: Annablume; Belo Horizonte: Fapemig. p. 87-108.
- Brasil. (1964). *Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. (Estatuto da Terra). URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (1981). *Política Nacional de Meio Ambiente*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (1980). *Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6803.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (1996). *Lei nº 9394/1996. de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (1997). *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (1999). *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (2001). *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. (Estatuto da Cidade). URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso 30.04.2023.
- Brasil. (2002). *Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002. Regulamenta a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República. Casa Civil. URL: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4281.htm. Acesso

30.04.2023.

- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC/SEF, Secretaria de Educação Fundamental. URL: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso 30.04.2023.
- Benjamin, A. H. V. (1992). Os princípios do estudo de impacto ambiental como limites da discricionariedade administrativa. Rio de Janeiro: *Revista Forense*, 88(317), 25-45. jan./mar.
- Carneiro, C. D. R. (2021). Geoética, Herança Geológica e Geodiversidade: aprendendo Ciência, fazendo Direito. In: Souza-Fernandes, L. C. de., Aragão, A., & Sá, A. A. (2021). *Novos rumos do Direito Ambiental: um olhar para a Geodiversidade*. Campinas, Ed. Unicamp. p. 87-118. (ISBN 978-65-86253-87-0).
- Carneiro, C. D. R., Machado, F. B., Reis, F. A. G. V. (2020). Histórico dos Cursos de Geologia e Engenharia Geológica no Brasil. In: Reis, F. A. G. V., Kuhn, C. E. S., Carneiro, C. D. R., Wunder, E., Boggiani, P. C., Machado, F. B. (Orgs.). (2020). *Ensino e Competências Profissionais na Geologia*. Jaticabal: Ed. Funep. p. 1-15. (Cap. 1). (ISBN 978-65-5671-020-4).
- Carneiro, C. D. R., Toledo, M. C. M., & Almeida, F. F. M. de. (2004). Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na educação básica. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4), 553-560. DOI: <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.2004344553560>.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). (2020). *Declaração da Conferência de ONU no Ambiente Humano. Estocolmo, 5-16 de junho de 1972*. São Paulo: Cetesb. 6p. (Proclima: Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo). URL: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/estocolmo_mma.pdf. Acesso 30.04.2023.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). (1986). *Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986*. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente. 5p. URL: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>. Acesso 30.04.2023.
- Córdula, E. B. L., & Nascimento, G. C. C. do. (2018). Educação, cidadania e formação do sujeito social: um resgate dos PCN. *Revista Educação Pública*, URL: [https://educacaopublica.cccierj.edu.br/artigos/18/10/educacao-cidadania-e-formacao-do-sujeito-social-um-resgate-dos-pcn#:~:text=O%20PCN%20de%201997%20%E2%80%93%20voltado,sexual%20\(Brasil%2C%201997](https://educacaopublica.cccierj.edu.br/artigos/18/10/educacao-cidadania-e-formacao-do-sujeito-social-um-resgate-dos-pcn#:~:text=O%20PCN%20de%201997%20%E2%80%93%20voltado,sexual%20(Brasil%2C%201997). Acesso 30.11.2023.
- Custódio, H. B. (1992). São Paulo: *Revista de Direito Civil, Imobiliário, Agrário e Empresarial*, 16(60), 101-22. abr./jun.
- European Federation of Geologists (EFG). (2015). *Geology for Society*. European Edition. London, The Geological Society. URL: <https://www.geolsoc.org.uk/geology-for-society>. Acesso 30.04.2023.
- Faria, D. R. de, Ramos, M. C., & Coltri, P. P. (2021). Sequência Didática como estratégia para ensino sobre desafios socioambientais relacionados às Mudanças Climáticas. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), 1-12, e021052. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8667126>.

- Galli, A. (2007). *Educação Ambiental como instrumento para o desenvolvimento sustentável*. Curitiba: PUCPR. 301p. (Dissert. Mestrado).
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). (1997). *Educação Ambiental: as grandes orientações da Conferência de Tbilisi. Organizado pela UNESCO*. — Brasília : Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?codlegitipo=3>. Acesso 30.04.2023.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). (s.d.). *Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA)*. Brasília : Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. URL: <https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/politicas/pronea.html>. Acesso 30.04.2023.
- Martins, G. S. (2020). *Mudança de paradigma no enfrentamento da crise ecológica: uma abordagem integrada entre o Direito e as Ciências da Terra*. Tese (Doutorado). Campinas, SP, Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra (PEHCT), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 530p. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/7496>.
- Milaré, E. (1994). Estudo Prévio de Impacto Ambiental no Brasil. In: Müller-Plantenberg, C., & Ab'Sáber, A. N. (Orgs.). (1994). *Previsão de Impactos*. São Paulo: Edusp. p. 51-83.
- Organização das Nações Unidas (ONU). *Objetivos do Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: ONU. URL: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso 30.04.2023.
- Peppoloni, S., Di Capua, G. (2017). Geoethics: ethical, social and cultural implications in geosciences. *Annals of Geophysics*, 60: Fast Track 7. DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-7473>.
- Pereira, R. (2022). Diálogos entre educação popular e educação ambiental: caminhos para construção de uma educação ambiental popular. #Tear *Revista de Educação Ciência e Tecnologia*, 11(2). Dezembro 2022. DOI: <https://doi.org/10.35819/tear.v11.n2.a6005>.
- Piranha, J. M. (2006). *O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade: o Projeto Geo-Escola em São José do Rio Preto, SP*. Campinas: Inst. Geoc., Unicamp. 222p. (Tese Dout. Geoc.). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2006.386195>.
- Seabra, G. (2009). A Educação Ambiental na Sociedade de Consumo e Riscos. In: *Educação Ambiental*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB.
- Sorrentino, M., Trajber, R., Mendonça, P., & Ferraro Junior, L. A. (2005). Educação ambiental como política pública. São Paulo: *Educação e Pesquisa*, 31(2), 285-299. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000200010>.
- Souza, L. C. (2009). *Águas subterrâneas e legislação brasileira*. Curitiba: Juruá.
- Souza-Fernandes, L. C. de. (2020). Unicidade do Direito para proteção ambiental. *Revista Internacional da Academia Paulista de Direito*, (6), 20-44, nova série 2020, primavera/verão. URL: <https://apd.org.br/unicidade-do-direito-para-protacao-ambiental/>. Acesso 30.04.2023.

Autores (Vol.2)

ALEXANDRE MARTINS FERNANDES

Graduado em Comunicação Social pela ESPM-SP (1989) e em Gestão Ambiental pela ESALQ-USP (2005), mestre (2008) e doutor (2012) em Ciências pelo CENA-USP (2012), e Pós-Doutorado pela Faculdade de Engenharia de Bauru (UNESP) e Pós-Doutorado pelo Instituto de Ciência e Tecnologia (UNESP-SJC). Atuou como professor de graduação junto ao IGCE/UNESP-Rio Claro de 2017 a 2022, no conjunto de disciplinas Geomorfologia, Geomorfologia Estrutural, Pedologia, Trabalho de Campo Integrado, Planejamento Ambiental e Cartografia para os cursos de Geografia, Ciências Biológicas, Engenharia Ambiental e Ecologia. Na Pontifícia Universidade Católica de Campinas foi professor no Curso de Engenharia Ambiental nos anos de 2012 e 2013, ministrando a disciplina Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos. Vem lecionando em cursos de especialização lato sensu em instituições do Estado de São Paulo desde 2007, com disciplinas voltadas à área de meio ambiente. A carreira científica tem por base projetos de pesquisa na área de Geociências, com ênfase em Hidrogeoquímica, Geomorfologia, Avaliação Ambiental e Sustentabilidade.

CELSO DAL RÉ CARNEIRO

Geólogo (1972), Mestre (1977) e Doutor (1984) pelo Instituto de Geociências USP; Livre Docente nas áreas de Ciências da Terra e Comunicação em Geociências pelo Instituto de Geociências da Unicamp (2010). Membro Associado da Academia Brasileira de Ciências desde 1995. Recebeu da Sociedade Brasileira de Geologia os prêmios Martelo de Prata (1982) e Medalha de Ouro Henry Gorceix (2008). Foi professor do Instituto de Geociências USP e pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), tendo coordenado a Divisão de Geologia e Recursos Minerais (1989-1992). Está vinculado à Unicamp desde 1986, tendo assumido as funções de Professor Associado II em 2014. É editor-chefe de Terræ Didática, tendo sido editor-chefe da Revista Brasileira de Geociências (1983-1989). Aposentou-se em abril de 2017, mas continua a atuar junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, que coordenou entre 2013-2017. Orienta alunos de graduação e pós-graduação, com os quais desenvolve pesquisas em Geologia Estrutural, Tectônica, Educação, Comunicação e Comunicação em Ciências da Terra. Coordena há mais de 20 anos a linha de pesquisa denominada “Projeto Geo-Escola”, que desenvolve recursos computacionais e materiais didáticos de apoio ao ensino de Geociências na educação básica. Atuou como editor dos volumes 1 e 2 da obra didática Explorando a Terra na Educação Básica (2023 e 2024).

DANIELA RESENDE DE FARIA

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Unicamp, com bolsa CNPq. Desenvolve pesquisas e estudos na área de Ensino de Mudanças Climáticas. Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra (Unicamp), Pós-Graduada em Educação (Universidade Metodista de São Paulo) e Licenciada em Geografia (UNESP, Rio Claro). Estuda e atua

com Metodologias Ativas e Ensino Híbrido. Possui experiência em sala de aula de mais de 20 anos na Educação Básica, agregando vivências em gestão e coordenação pedagógica, de pessoas e de área (Humanidades e Ensino Bilíngue). Autora e revisora de livros didáticos, paradidáticos e coleções, além de diversos objetos de aprendizagem na área de Ciências Humanas em várias instituições, com destaque a obras relacionadas ao ensino de Geografia. Fluente na língua inglesa, com certificação Cambridge. Mais informações: <https://www.linkedin.com/in/daniela-resende-de-faria-0b698b96/>.

DANIELA CRISTINA SANTOS FERREIRA NEVES 

Mestranda em Tecnologia ênfase Ambiente, Programa de Pós Graduação em Tecnologia, Faculdade de Tecnologia, Unicamp, Limeira (SP). Terapeuta Ocupacional graduada pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Pós-graduada em Psicopedagogia Clínica pelo Centro Universitário Central Paulista (Unicep), São Carlos (SP). Formação no curso Magistério pela EESG Dr. Álvaro Guião, São Carlos (SP). Possui experiência docente na educação básica em Educação Infantil e no ensino superior em pós-graduação lato sensu, atuando na perspectiva inclusiva e de acolhimento de alunos com transtornos de neurodesenvolvimento. Experiência em projetos acadêmicos e profissionais para formação de professores na área de prevenção em saúde mental e trabalho no contexto escolar. Possui prática clínica em terapia ocupacional em saúde mental nos transtornos mentais graves e persistentes.

DANILO FURLAN AMENDOLA 

Geólogo formado pela Universidade Estadual Paulista, mestre em Geociências e Meio ambiente pela mesma universidade e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, do Instituto de Geociências, da Universidade Estadual de Campinas. Sempre em busca de aventuras, conhecimento e novas experiências, teve duas experiências internacionais ao longo de sua formação, a primeira no formato de graduação sanduiche, quando estudou na Ruprecht Karls Universität, Heidelberg, Alemanha e a segunda como pesquisador convidado, durante o mestrado, no Laboratoire d'Océanographie et du Climat: Expérimentations et approches numériques (Locean) IRD/CNRS/UPMC/MNHN, Paris, France. Ambas as experiências o estimularam para um foco no ensino de Geociências para estudantes do ensino básico. No mestrado houve grande interesse em divulgação científica de assuntos relacionados ao meio ambiente. No doutorado o interesse tem sido posto em prática. As publicações mais recentes se relacionam diretamente à divulgação científica e ensino de Geociências na educação básica, apesar de percalços que são usuais no trabalho com ensino de Geologia para crianças e jovens. Evidenciou-se também o grande interesse dos alunos por temas geológicos.

FABIANA CURTOPASSI PIOKER-HARA 

Fabiana é bióloga de formação, com doutorado em ecologia. Orienta no Programa de Pós Graduação em Ensino e História das Ciências da Terra, da UNICAMP, e tem 13 anos de experiência como educadora na Escola de

Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da USP. Atua junto à Licenciatura em Ciências da Natureza e ao Espaço Ciência, Cultura e Educação da EACH (ECCE), onde trabalha no desenvolvimento de recursos didáticos e na divulgação científica junto ao público escolar. Vem pesquisando e orientando pesquisas, dentre outras, focadas no ensino inclusivo de ciências. Ministrou a disciplina de pós-graduação “Ensino de Ciências da Terra em uma perspectiva inclusiva” em conjunto com a professora Rosely Imbernon, com quem desenvolve, junto ao ECCE, recursos acessíveis para o ensino das Ciências da Terra.

GIORGIO BASILICI 

Geólogo (1986) pela Università di Perugia e Doutor em Ciências da Terra (1993) pela Università degli Studi di Bologna. Pós-doutorado na Università degli Studi di Torino (1996-1997) e na Universidade Estadual de Campinas (1999-2000). Livre Docente e Professor Titular da Universidade Estadual de Campinas. “Investigador Correspondiente” del Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnicas (Conicet) de Argentina em junho de 2014. Sedimentólogo de material clástico, atualmente estuda: i) relações entre processos deposicionais e pedogenéticos em sistemas fluviais antigos; ii) sistemas eólicos proterozoicos.

ISABELLA NOGUEIRA BITTAR DE CASTILHO-BARBOSA 

Geógrafa, formada em 2016 pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Mestre, 2023, e atualmente doutoranda pelo Programa de Ensino e História de Ciências da Terra (EHCT) do Instituto de Geociências, Unicamp. Desenvolve pesquisas na área de ensino de Geociências com ênfase na educação de águas subterrâneas com destaque para o Sistema Aquífero Guarani. É membro do Programa Sistema Aquífero Guarani (Pro-SAG), projeto que nasceu em 2013 para divulgar a importância das águas subterrâneas e que, juntamente com outras entidades e instituições, presta serviços de educação formal e não-formal para a sociedade a fim de divulgar a Geociências e conscientizar cidadãos sobre a importância da Geologia e da conservação de recursos hídricos.

JOSELI MARIA PIRANHA 

Professora Associada do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP Possui graduação em Geologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1988), mestrado em Geologia Regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1994), doutorado em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas (2006) e pós-doutorado em Didática pela Universidade de Aveiro, Portugal (2010). Desde 1989 é docente em RDIDP da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), ministrando disciplinas nos cursos de Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado), Licenciatura em Química, Bacharelado em Química Ambiental, Licenciatura em Pedagogia e Licenciatura em Pedagogia-PARFOR. É docente colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, do Instituto de Geociências da Universidade

Estadual de Campinas (UNICAMP). Atua na área de Ciências da Terra com ênfase em Ensino de Ciência do Sistema Terra, Geologia Ambiental, Recursos Hídricos e Desenvolvimento, Formação Inicial e Continuada de Professores.

LUBIENSKA CRISTINA LUCAS JAQUIÉ RIBEIRO 

Formada em Engenharia Civil pela EEL (1999). Mestrado (2003) e Doutorado (2008) em Recursos Hídricos - Hidráulica pela Unicamp. Professora da Unicamp desde 2003. Livre docente pela Unicamp (2023). Desenvolve pesquisas em duas grandes áreas: hidráulica e educação ambiental. Na educação ambiental desenvolve trabalhos em colaboração com escolas de educação básica, ensino fundamental, médio, superior, pessoas com deficiência (PCD) e autistas. Atua na formação de professores desde 2006. Propõe que projetos de ensino, pesquisa e extensão que contribuam para o protagonismo e a inclusão de jovens e adultos são capazes de mudar e transformar a educação no nosso país.

LUCIANA CORDEIRO DE SOUZA FERNANDES 

Professora Livre Docente. Doutora e Mestre em Direito – área de Direitos Difusos: Direito Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Especialista em Direito Processual Civil e em Direito Penal e Processual Penal. Professora de Direito da Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (FCA/Unicamp) e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências da Terra (PEHCT) do Instituto de Geociências da Unicamp. Advogada, Parecerista e Consultora Ambiental. Sócia Fundadora da Associação dos Professores de Direito Ambiental do Brasil (Aprodab). Líder do Grupo de pesquisa CNPq Aquageo Ambiente Legal Unicamp. Pesquisadora colaboradora pela Unicamp da Global Water Partnership, Suíça. Membro do Comitê Científico do Projeto Geopark Corumbataí.

MAXWELL LUIZ DA PONTE 

Licenciado em Biologia e Pedagogia, Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra e Doutor em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra da Unicamp. Desde 2012 integra grupos e iniciativas de pesquisas no ensino de Ciências da Terra. Entre os anos de 2012 e 2016 realizou iniciação à docência pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência, que marcou a trajetória na pesquisa em Ensino de Ciências. Integrou o Centro de Referência em Ciência do Sistema Terra do IBILCE/UNESP (2012-2022). Atuou como professor de educação básica junto à Rede Municipal de Ensino de São José do Rio Preto (SP). No ensino superior, atua na formação inicial e continuada de professores, como docente, pesquisador e extensionista do setor Ensino de Ciências e Biologia, da Universidade Estadual do Ceará

PRISCILA PEREIRA COLTRI 

Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP, 2002), Licenciada em Ciências Agrárias pela USP (2002).

Especialização em Gerenciamento Ambiental pela USP. Mestre em Agronomia, na área de Fitotecnia pela USP. Foi Bolsista (Modalidade DTI, CNPq) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Doutorado pela Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Fez doutorado sanduíche na Universidade de Rennes 2, França. Foi bolsista Pós-Doc no exterior (PDE-CNPq) no Le Laboratoire des Sciences du Climat et l'Environnement (LSCE), França. Professora Permanente do Instituto de Geociências (IG/Unicamp), junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra. Atualmente é Pesquisadora e Diretora do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri/Unicamp). Atua principalmente nas seguintes linhas de pesquisa: Agrometeorologia e Modelagem; Mudanças Climáticas; Educação e Comunicação em Climatologia

RENAN PINTON DE CAMARGO 

Doutor e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, IG/Unicamp (2023 e 2018) e Engenheiro Florestal, ESALQ/USP (2009). Há mais de 10 anos desenvolve projetos em Agroecologia, Restauração Ecológica, Matriz Energética Renovável e Governança Ambiental. Desde 2016, tem desenvolvido pesquisas científicas voltadas à promoção do Ensino de Ciência Sistema Terra para o Desenvolvimento Rural Sustentável junto a Escolas, Gestores Públicos e Comunidades Rurais. Atualmente atua como gestor de projetos de energia renovável e docente em ensino superior para temáticas relacionadas ao ESG. Em suas publicações são apresentados métodos, estratégias e recursos didáticos para o ensino contextualizado e interdisciplinar à luz de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Agroecologia e Legislação Ambiental.

RONALDO BARBOSA 

Formação em Engenharia de Computação (Unicamp), especialização em Jornalismo Científico (LabJor), mestrado em Geociências e doutorado em Ciências (Instituto de Geociências, Unicamp). Atuação docente no ensino médio e superior nas áreas de Tecnologia, Comunicação e Educação. Temas de interesse: tecnologias educacionais; design de sistemas interativos; Educação em Ciências; divulgação científica; cultura digital e formação de professores para tecnologia.

ROSELY APARECIDA LIGUORI IMBERNON 

Professora Associada nível 3 da Universidade de São Paulo, orientadora no Programa de Pós Graduação em Ensino e História das Ciências da Terra, da UNICAMP, orientadora no Programa de Pós Graduação em Mudança Social e Participação Política da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da USP. Docente em regime de tempo integral à docência e pesquisa (RDIDP) na EACH-USP junto à Licenciatura em Ciências da Natureza, Bacharelado em Biotecnologia, coordenadora do Espaço Ciência, Cultura e Educação da EACH

(ECCE), onde desenvolve atividades de pesquisa e extensão de divulgação e popularização da Ciência, desenvolvimento de recursos didáticos para a educação formal e não formal. Membro das Comissões de Geociências na Educação Básica e da comissão de Geoética da Sociedade Brasileira de Geologia - SBG.

TAMIRES APARECIDA SOUZA SILVA 

Possui graduação nos cursos de Licenciatura (2018) e Bacharelado em Geografia (2019) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), campus de Presidente Prudente- SP. Especialista em Ensino de Geografia (2020) pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atuou como colaboradora do Centro de Promoção para Inclusão Digital, Escolar e Social (CPIDES), localizado na Faculdade de Ciências e Tecnologia-UNESP. É membro do Grupo de Pesquisa Ambientes Potencializadores para a Inclusão (API). Atualmente é Analista de Programas Sociais no Serviço Social do Comércio (SESC) em Cuiabá - MT.

TIAGO DAVI VIEIRA SOARES DE AQUINO 

Formado em Geociências e Educação Ambiental pela USP, graduado também em Biologia e Pedagogia, mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pela UNICAMP. Especialista em educação presencial (Ética, Valores e Cidadania na Escola), especialista em Formação e Educação a Distância. Doutorando em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra do Instituto de Geociências da Unicamp. Professor universitário na área de Ciências da Terra e Exatas, meio ambiente, educação, formação de professores, orientação de projetos e atividades de divulgação científica. Possui experiência na educação básica, acredita no potencial transformador do ensino e pretende contribuir para o desenvolvimento de uma sociedade mais consciente, ética, justa, crítica, sustentável e inclusiva.

VÂNIA MARIA NUNES DOS SANTOS 

Cientista Social. Mestre em Educação pela Faculdade de Educação da USP. Doutora em Ciências pelo Instituto de Geociências da Unicamp (Prêmio CAPES de Tese). Pós-Doutora em Educação pela Faculdade de Educação da USP. Pós-Doutora em Ciência Ambiental pelo Instituto de Energia e Ambiente da USP. Pós-Doutora em Ensino de Geociências pelo Instituto de Geociências da UNICAMP. Professora colaboradora permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra do Instituto de Geociências da Unicamp. Professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas. Trabalha com a temática “educação, ambiente e aprendizagem social” em pesquisas e práticas colaborativas à geoconservação e sustentabilidade. Consultora em projetos de educação e mobilização socioambiental, de formação continuada de professores e de políticas públicas ambientais em governos locais.