



UNICAMP

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

# Explorando a Terra na Educação Básica

Vol.1



Celso Dal Ré Carneiro (Org.)

Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1,  
Programa de Pós-Graduação 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.1**

**1ª edição**

**.BeCa**

**São Paulo**

**2023**

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

**.BeCa**

São Paulo, SP, Brasil

2023

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 1

Catálogo Internacional da Publicação  
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, 2023.  
1 recurso online, il. - (Série ciências da Terra na educação básica; v.1)

Vários autores.

Modo de acesso: WWW

Publicação digital (e-book) no formato PDF.

ISBN 978-65-994829-0-8

DOI: 10.20396/ ISBN9786599482908

1. Ciências da Terra. 2. Formação de professores. 3. Ciências naturais.  
4. Ensino de ciências da Terra. 5. Ensino de ciências. I. Carneiro, Celso Dal Ré (org.). II. Santos, Gildenir Carolino (ed.). III. Série.

23-016

CDD – 550

Bibliotecário: Gildenir Carolino Santos – CRB 8\*/5447

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 1

<b>Prefácio.....</b>	<b>VII</b>
<b>Apresentação.....</b>	<b>IX</b>
<b>Como conceber os imensos intervalos do Tempo Geológico? Desvendando a história da Terra.....</b>	<b>1</b>
José Roberto Serra Martins e Celso Dal Ré Carneiro	
<b>Como estão sendo formados em Ciências Naturais aqueles que vão formar?.....</b>	<b>33</b>
Patrícia Elisa do Couto Chipoletti Esteves e Diego Arias Regalía	
<b>Educação em Ciência do Sistema Terra na formação de professores.....</b>	<b>51</b>
Joseli Maria Piranha, Denise de La Corte Bacci e Eliane Aparecida Del Lama	
<b>Ensino de Ciências da Terra na educação básica com foco na aprendizagem do estudante.....</b>	<b>69</b>
Gisele Francelino Miguel e Celso Dal Ré Carneiro	
<b>Perguntas no ensino de Geociências: utilizando origamis para falar sobre Paleontologia.....</b>	<b>91</b>
Rafael A. Ribeiro e Carolina Zabini	
<b>Material didático de Paleontologia para Educação Infantil: o livro “Animais extintos brasileiros”.....</b>	<b>103</b>
Ariel Milani Martine, Fresia Ricardi-Branco e Beatriz Beloto	
<b>Atividades educativas e recursos didáticos em Geociências no Ensino Fundamental 1.....</b>	<b>127</b>
Denise de La Corte Bacci, Dayane Gomes da Silva e Caio Henrique Pires Rocha	
<b>História em Quadrinhos como ferramenta didática de Astronomia no Ensino Fundamental 2.....</b>	<b>151</b>
Marcia Helena Ribeiro e André Munhoz de Argollo Ferrão	

---

<b>História geológica da Bacia do Paraná no Brasil.....</b>	<b>165</b>
Celso Dal Ré Carneiro e Fernando Flávio Marques de Almeida (obra póstuma)	
<b>Os paleodesertos Botucatu e Pirambóia e a origem do Sistema Aquífero Guarani.....</b>	<b>209</b>
Celso Dal Ré Carneiro, Isabella Nogueira Bittar de Castilho-Barbosa e Giorgio Basili	
<b>Práticas pedagógicas e interpretativas para aprendizagem de Ciências da Terra em ambientes externos à sala de aula.....</b>	<b>239</b>
Maxwell Luiz da Ponte, Renan Pinton de Camargo e Joseli Maria Piranha	
<b>Autores do Volume 1.....</b>	<b>265</b>

# Prefácio

Com alegria recebo a versão final do livro ‘*Explorando a Terra na Educação Básica*’ – primeiro volume da Série ‘*Ciências da Terra na Educação Básica*’, fruto de um trabalho coletivo árduo e comprometido realizado por professores e alunos do Programa de Pós Graduação em 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 a esse 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 deste Programa e se destaca intensamente por seu dinamismo em prol da produção científica, seja à frente da Revista *Terra 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. E 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 suas pesquisas e trabalhos de extensão, quanto por meio dos inúmeros alunos – mestres e doutores - que capacitou e ainda capacita nos cursos de mestrado e doutorado ao longo das últimas décadas, tendo no ensino sua grande missão.

A “Apresentação” constante neste livro mostra-nos o quadro geral dos colaboradores, nos quais encontro pessoas que conheço e admiro. Quisera eu tivesse nos meus tempos de escola, no ensino fundamental ou médio, acesso a uma obra como esta, que me permitisse desvendar a Terra com uso de pedagogias criativas e lúdicas, com o uso de histórias em quadrinhos para entender a astronomia ou construir origamis na paleontologia. Estes são exemplos de como despertar o público infantil para as Geociências. Afinal, as crianças com seus ‘por quês’ são cientistas natas. E esta coletânea, em cada capítulo, propõe um novo olhar para a temática, com ferramentas novas e didáticas para o exercício do ensinar.

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, socio-

---

logia, biologia, ciências da computação, dentre outros, e recebe alunos de inúmeras localidades do país e distintas formações acadêmicas que se complementam (geografia, geologia, biologia, história, matemática, português, direito, economia, jornalismo, arquitetura, comunicação, engenharias etc.), favorecendo assim, a elaboração de dissertações e teses que unem especificidades de cada área e dialogam com as Ciências da Terra, de tal forma que ‘constroem 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 se traduz em um importante referencial ao levar para o professor formas de consagrar ‘o direito da criança de aprender Ciências’, e propõe 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, outubro de 2023.

Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Cordeiro de Souza Fernandes  
Professora de Direito Ambiental  
Coordenadora do PEHCT/IG-Unicamp

# Apresentação

Este livro eletrônico – *Explorando a Terra na Educação Básica* – publicado pelo Programa de Pós-Graduação de Ensino e História de Ciências da Terra (PPG-EHCT) do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, é o primeiro volume da Série *Ciências da Terra na Educação Básica*. Os capítulos resultam de projetos de pesquisa desenvolvidos nos últimos anos por docentes e alunos do EHCT, com a participação de especialistas brasileiros e do exterior, vinculados a instituições educacionais e de pesquisa de várias universidades, nacionais e estrangeiras.

O principal objetivo do e-book é oferecer a professores e alunos de educação básica propostas para ensino de temas geocientíficos e, ao fazê-lo, colocar em perspectiva diversos tópicos de Ciências da Terra essenciais na formação de crianças, jovens e adultos. Ao mesmo tempo, pretende-se impulsionar abordagens inovadoras que ampliem horizontes ou, pelo menos, ajudem a revigorar o trabalho docente. É inviável escapar do uso das Tecnologias Digitais (TD) nos dias que correm; todos precisamos adquirir o chamado letramento digital, que 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:

Público-alvo:

-  **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 da história geológica da América do Sul, as características das esferas materiais e dos sistemas que fazem parte dos ciclos terrestres e a própria evolução da vida no planeta. Todos esses temas são 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*, organizada em três volumes, pode ser 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 envolvem 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, outubro de 2023

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 geóica em territórios de Geoparque. *Terræ Didática*, 19(Publ. Continua), 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>.

# Como conceber os imensos intervalos do Tempo Geológico? Desvendando a história da Terra

José Roberto Serra Martins  
Celso Dal Ré Carneiro

Em contato direto com a natureza ou em um ambiente artificial, visualizamos fenômenos que ocorrem em velocidades rápidas: o voo de um pássaro, o ruído de um trovão, a passagem de um automóvel, uma ventania. É preciso mudar a escala de percepção para imaginar eventos que se desenvolvem em intervalos mais longos, como uma longa migração de aves, uma tempestade, a construção de um prédio, o deslocamento completo de um veículo em uma estrada, uma série de temporais associados à passagem de uma frente fria etc. A duração dos processos é um obstáculo para a compreensão de muitos fenômenos e ciclos que se desenvolvem no ambiente natural. Em uma praia, por exemplo, observamos a longa faixa formada de areia e, eventualmente, próximo a ela, uma duna. Quanto tempo demorou para que a praia se formasse? E a duna, quanto tempo levou para se erguer?

Na época atual, firmes investimentos em pesquisa científica, associados a notáveis avanços da Ciência e Tecnologia, possibilitaram aprimorar a qualidade dos estudos sobre o planeta. Cada pedaço da superfície terrestre é objeto de contínua observação, graças ao alcance quase ilimitado dos instrumentos de pesquisa. Entretanto, a Terra permanece misteriosa para muitos de nós, devido à difícil compreensão das interações de processos que a modelam. O fato de que as ciências geológicas dependem do tempo é uma das poucas diferenças substanciais entre esse campo do conhecimento humano e as outras ciências (Hume, 1978).

A descoberta do Tempo Geológico acentuou a importância da Geologia: é uma das ideias que “mudou o caminho da história” e passou a ocupar um papel central na cultura contemporânea (Cervato & Frodeman, 2014):

(...) a concepção de tempo percorre todas as áreas do conhecimento. Logo, falamos em “tempos” físico, cosmológico,

biológico, histórico, geológico... de forma que a concepção de tempo assumiu diferentes significados ao longo da história (Chaves et al., 2018, p.233).

Para estudar qualquer processo natural, precisaremos associá-lo aos intervalos de tempo envolvidos. Investigações sobre as múltiplas etapas de ciclos naturais, como o ciclo hidrológico, revelam que os efeitos da ação humana em qualquer ramo do diagrama da Figura 1 interferem diretamente em outros processos e outros ciclos naturais. Nesse exemplo, oriundo de um campo “tradicional” do conhecimento, práticas agrícolas inadequadas e outros fatores provocam perdas anuais consideráveis de solos férteis devido ao efeito combinado de precipitação e escoamento superficial (Fig. 1). Por outro lado, a ciência ainda não encontrou um modo de acelerar, em larga escala, os processos naturais formadores dos solos, o que nos leva a concluir que os solos devem ser considerados um bem não renovável. Uma simples questão de tempo – e de sincronicidade...

Ao examinar um mapa-múndi, veremos que as linhas de costa da América do Sul e da África parecem dois pedaços separados de um quebra-cabeças, e perguntamos: há quanto tempo estiveram, um dia, unidos? Por que se dividiram? São questões que se multiplicam, só precisamos observar aquilo que está ao nosso redor. Assim, a primeira oportunidade em que o aluno é introduzido à Escala do Tempo Geológico “pode e deve ser uma ferramenta muito eficaz para apresentá-lo às Ciências da Terra” (Ritger & Cummins, 1991, p.9).

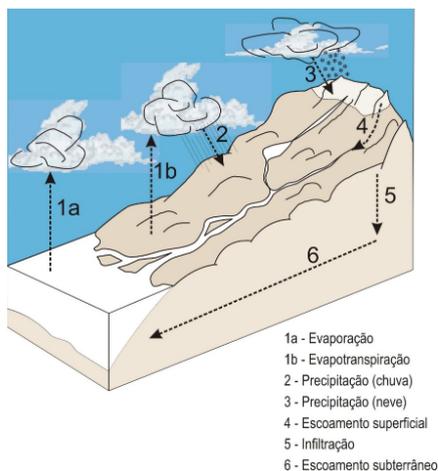


Figura 1. Representação esquemática do ciclo hidrológico e suas etapas

Este Capítulo se propõe a oferecer dados e reflexões para estimular que professores e alunos investiguem esse complexo tema. Apresentam-se ainda indicações de leitura sobre a evolução geológica do Brasil e da América do Sul e um material didático específico.

## **Examinando o Tempo Geológico na educação básica**

Quando se apresentam as eras geológicas aos estudantes na educação básica, estes, em princípio, desconfiam de sua utilidade e, em seguida, esperam que não seja necessário decorar a sequência de eras e períodos, ao longo do Tempo Geológico. As eras geológicas não despertam interesse original mesmo entre os educandos que tendem a se interessar pela história da Terra ou pela evolução de vida como a conhecemos. A memorização dos nomes de cada intervalo e sua duração é um exercício absolutamente inútil. Somente o uso continuado e sistemático dos termos permitirá que o aluno compreenda – e registre – em seu arcabouço conceitual os intervalos e o verdadeiro significado de “Tempo Profundo” (*Deep Time*), objeto deste Capítulo.

O Tempo Geológico corresponde ao intervalo de tempo transcorrido desde a formação de nosso planeta – há cerca de 4,65 bilhões de anos (Ga) –, sendo marcado por eventos registrados em geleiras, rochas e fósseis, coletados em todo o mundo. O conhecimento assim obtido é classificado em uma Coluna (Escala, Tabela) Estratigráfica Internacional, a qual organiza, em sequência única, a história da Terra, dividindo-a em unidades temporais ou geocronológicas: éons, eras, períodos, épocas e idades. A divisão dos intervalos cronológicos da coluna se baseia na ocorrência de eventos importantes na história da Terra e da evolução dos organismos vivos, sobretudo extinções em massa, recebendo cada classe um nome específico. Nesse sentido, é possível associar um evento (como p.ex. o domínio dos grandes répteis) a um dado momento do Tempo Geológico sem precisar explicitar há quanto tempo (número de anos!) ele ocorreu, uma vez que se associa a uma determinada unidade geocronológica (Período Jurássico).

### **Um simples exercício sobre escalas relativas e absolutas de tempo**

Para se reconstruir a história do planeta, compreender a dinâmica de funcionamento da Terra e, finalmente, realizar previsões, utilizam-se dois tipos de escalas: absoluta e relativa. Antes de se aprofundar na análise do Tempo Geológico, convém estabelecer clara distinção entre

escalas relativas e escalas absolutas de tempo, que constituem conceitos de difícil entendimento (Teed & Slattery, 2011) para os estudantes de Geologia e outras disciplinas:

1. Uma escala *absoluta* de tempo é medida em milênios, séculos, dias, horas, minutos e segundos. A escala absoluta “amarra” qualquer evento ou acontecimento a um determinado padrão temporal. Para as escalas absolutas, não importa qual é a ordem de grandeza dos intervalos de tempo associados. A ordem de grandeza precisa ser ajustada ao que se estuda: um biólogo, por exemplo, considera intervalos da ordem de anos, meses, dias ou minutos, no estudo da vida de seres vivos, enquanto um físico nuclear trabalha com processos e reações extremamente rápidos, cuja duração é muito inferior a um segundo. Para geólogos e astrônomos as escalas absolutas devem levar em conta ordens de grandeza inconcebíveis ao senso comum: milhões e bilhões de anos.
2. Uma escala *relativa* de tempo preocupa-se em ordenar eventos e acontecimentos em sua ordem temporal, ou seja, em termos de “antes” e “depois”. A ordenação obedece a uma sequência “lógica”, na qual a ordem de grandeza dos intervalos de tempo pode ser, também, variável:

Quando afirmamos, por exemplo, que a maior parte das bacias petrolíferas brasileiras hoje conhecidas se formou depois da separação dos continentes, não estamos dizendo “quando”, mas apenas “em que ordem” um fenômeno veio depois do outro (Carneiro et al., 2005, p.7).

A principal barreira para construção da Coluna Estratigráfica Internacional, que é primordialmente uma escala absoluta de tempo (Cohen et al., 2013, ICS, 2023), resulta da necessidade de se dispor de marcadores (“relógios”) geológicos eficientes, ou seja, mecanismos naturais cuja cadência, ou padrão de regularidade, não se altera sob qualquer condição ou circunstância.

Se o professor comparar as escalas de tempo indicadas neste texto, como as de Cohen et al. (2013), ICS (2023) ou *USGS Geological Names Committee* (2018), identificará discrepâncias entre elas e ficará confuso ao ver números ligeiramente distintos nas escalas consultadas. Podemos usar qualquer escala publicada por entidade internacional reconhecida, desde que seja especificada e referenciada.

Existe uma preocupação constante dos comitês de colaboração da *International Union of Geological Sciences* (IUGS) com o aprimoramento das datas. O fato é importantíssimo, mas não tem sido devidamente reconhecido; toda escala geológica de tempo precisa ser atualizada periodicamente, devido aos avanços da pesquisa nos campos da Estratigrafia e da Geocronologia, porque “as Divisões do Tempo Geológico são dinâmicas e modificadas conforme necessário para incluir alterações aceitas de nomes de unidades e estimativas de idades-limites” (*USGS Geological Names Committee*, 2018). Assim, o pesquisador especializado deve consultar as revistas internacionais e *websites* de referência, todos os anos, para se manter atualizado.

### **A radical descoberta do “tempo profundo”**

A expressão “tempo profundo”, cunhada por Hutton (1795) e popularizada, dentre outros, por John McPhee (1981) e Paolo Rossi (1992), deflagrou polêmicas e uma sucessão de propostas e descobertas, tanto dos princípios quanto das teorias e das classificações geológicas ou dos mecanismos ligados a “relógios” geológicos. Cada uma delas esteve, comumente, relacionada ao contexto histórico e social de sua gênese. Por isso, escalas de milhares de anos, sugeridas por naturalistas de visão antropocêntrica, utilizaram a história da humanidade como principal referência espaço-temporal. Como afirma Wolpoff (1997), a ciência apresenta um corpo de conhecimento que se transforma à medida que novos achados criam demandas por outras explicações, reformulando os nexos e as teorias anteriormente propostas.

A história da Terra é essencial para se entender as mudanças ambientais e suas ramificações (Teed & Slattery, 2011). Os avanços na compreensão do Tempo Geológico resultam da reflexão teórica e de novos dados obtidos em campo, que auxiliam a compreender o mundo, organizando e sistematizando os conhecimentos. A espécie humana existe há relativamente pouco tempo no planeta, mas mantém atividades que parecem ignorar limites. Uma reflexão sobre a mudança radical causada pela concepção de Tempo Geológico ajuda a avaliar os efeitos prejudiciais das ações antrópicas e a contrapor suas consequências perante as demais espécies que convivem conosco. A descrição abaixo sintetiza conceitos que parecem ser muito corretos e atuais. Resultam do processo evolutivo da Ciência e das descobertas que se acumularam desde o último século. Causariam espanto se tivessem sido apresen-

tadas há um século, porque são conhecimentos que foram edificados gradativamente, como fruto de uma radical mudança de perspectivas:

Compreende-se hoje, com clareza, que grande parte dos fenômenos que ocorrem na superfície da Terra é causada pela energia que o planeta recebe do Sol. Entende-se o papel e a importância da atração gravitacional para incontáveis processos, que incluem, naturalmente, a erosão e o desenvolvimento da paisagem. A humanidade começou a desvendar os notáveis segredos guardados sob os assoalhos dos oceanos e a compreender como funciona a geologia terrestre. Ficou mais claro que, além da energia solar, existe outra fonte expressiva de energia: o calor interno, em parte residual e em parte originado de reações nucleares internas do planeta. O calor interno é o “motor” da atividade das placas litosféricas externas da Terra, cujos movimentos resultam na configuração das longas cordilheiras de montanhas e determinam a distribuição de petróleo, gás e recursos minerais. A Terra é um planeta ativo, cuja vitalidade, ao que parece, prosseguirá ao longo dos próximos bilhões de anos (Carneiro et al., 2004).

Nichols (1974) reconhece a existência de uma barreira entre a efetiva *mensuração* do tempo e a *compreensão* de sua duração: o autor assinala que entender a duração dos longos intervalos é mais simples do que os medir. Nesse sentido, para dominar a concepção de Tempo Geológico é necessário conhecer aspectos de sua história, sistematização, estabelecimento e evolução da cronologia e do atual estado da arte. Para tanto, é preciso colocar em perspectiva importantes teorias sobre a verdadeira “idade da Terra” e as controvérsias que motivaram intenso debate. Um bom exemplo é a polêmica sobre o Antropoceno ser um período ou um evento, na Escala de Tempo Geológico (Gibbard et al., 2021). No ambiente escolar, é fundamental reconhecer a importância da evolução dos conhecimentos sobre o tema para orientar a própria ação humana na Terra.

## Uma breve história do Tempo<sup>1</sup>... Geológico

Para compreender a importância do conceito de Tempo Geológico é necessário entender o processo histórico-geológico (Potapova, 1968/2007) em nosso planeta. Para isso, focalizaremos o processo citado

---

1 O título desta seção homenageia o físico Stephen Hawking [1942-2018], autor de *Uma breve história do tempo*, obra de temática bem diversa deste trabalho, mas que, de algum modo, visa explicar o processo histórico do Universo, do qual a Terra faz parte.

a partir dos trabalhos de Steno [1638-1686] e de Smith [1769-1839], antes de passar à sua sistematização.

Mayor (2011) afirma em sua obra *The first fossil hunters* que os filósofos da natureza da antiguidade clássica colecionavam e mediam ossos de criaturas extintas, dando aos achados interpretações imaginativas. Apesar de erros interpretativos serem bastante comuns, aos filósofos era reservado o trabalho mental, sendo o serviço braçal, tão necessário às escavações, realizado somente por escravos. A autora afirma que o maior objeto de desejo dos aventureiros gregos eram os restos mortais de heróis mitológicos como Orestes, Teseu ou Ajax.

Na Idade Média, devido à influência da Igreja e de sua interpretação das Sagradas Escrituras, a ideia da existência de fósseis (nome aplicado a qualquer objeto extraído da terra) era completamente impensável; a Bíblia afirmara que Deus havia criado as plantas e os animais somente depois de a Terra adquirir sua forma definitiva, não havendo hipótese de eles se encontrarem incrustados em rochas já estabelecidas. Teorias surgidas no medievo, sem qualquer rigor científico, defendiam que as “pedras figuradas” (*lapides figurati*, como eram denominadas em latim) constituíam: (1) mensagens ou profecias ocultas da Providência, (2) vestígios de outras tentativas feitas por Deus em tempos imemoriais e anteriores à Gênese, (3) imitações de plantas e animais ancestrais produzidas espontaneamente pelas rochas e, finalmente, (4) o desejo de forças do mal em confundir e aterrorizar a humanidade (Groueff, 1976). Nessa época, a noção de fóssil não era muito bem compreendida, dando-se a denominação a qualquer objeto escavado da terra (ou mesmo encontrado em sua superfície), como rochas, cristais ou ossos (Rudwick, 1987).

Gould (2003) ressalta as ideias de Leonardo da Vinci [1452-1519] sobre aspectos paleontológicos, principalmente seus manuscritos sobre fósseis, que indicam, de modo inequívoco, “sua própria visão da Terra, (...) como análoga a um ser vivo” (p.21), e que constam do *Códice de Leicester*. Nesse compilado de obras, Leonardo apresenta, entre outros textos, um específico sobre a natureza da água, os processos erosivos por ela causados e os processos relativos ao transporte de sedimentos, além de exemplificar (e, até mesmo, antecipar) o *Princípio do Uniformitarismo*, atribuído a James Hutton [1726-1797].

Convém aqui fazer um destaque conceitual. A concepção de Uniformitarismo foi aprofundada por “Sir” Charles Lyell [1797-1875]. Gould (1965, 1967) distinguiu dois tipos de uniformitarismo: (a) o Uniformitarismo Metodológico e (b) o Uniformitarismo Substantivo.

A distinção entre ambos pode ser feita com base em quatro proposições sobre a evolução da Terra:

- a. as leis da natureza são invariáveis;
- b. os eventos geológicos do passado envolveram processos de natureza idêntica à dos que atualmente ocorrem;
- c. os processos operam com idênticas velocidades, ainda que extremamente lentas e quase imperceptíveis aos sentidos humanos;
- d. os ciclos terrestres são intermináveis e a Terra, um lugar em constante mudança.

O Uniformitarismo Metodológico passou a ser conhecido como Atualismo; abrange exclusivamente as duas primeiras proposições, enquanto o Uniformitarismo Substantivo engloba todas as quatro proposições mencionadas. Para Gould (1967), é uma visão do comportamento da Natureza modernamente inaceitável. O posterior avanço do conhecimento científico descartou algumas concepções relacionadas ao Uniformitarismo Substantivo, permanecendo somente o Uniformitarismo Metodológico ou Atualismo (Carneiro et al., 1994).

Ainda no século XVI, outra teoria sobre a origem dos fósseis, descrita nas obras de Georgius Agricola [1494-1555], causou mudanças ao enfoque teológico, fazendo com que os fósseis passassem a constituir importante prova do Grande Dilúvio bíblico. As águas que cobriram o planeta inteiro não somente explanavam sobre o depósito de conchas no alto das montanhas como ofereciam uma justificativa à origem do lodo que o consolidaria.

No século seguinte, o naturalista Fabio Collona [1567-1640] analisou as “línguas de pedra” (ou *glossopetrae*), artefatos considerados como amuletos e que apareciam incrustadas em rochas. Ao calciná-las, percebeu que tais artefatos eram de origem orgânica, diferindo grandemente das rochas adjacentes, reconhecidamente inorgânicas. Décadas depois, o médico dinamarquês Nicolaus Steno, ao dissecar a cabeça de um grande tubarão, observou que os dentes do animal eram bastante semelhantes às “línguas de pedra” presentes em rochas das falésias de Malta. Intuiu, como Collona, que se tratava de dentes de elasmobrânquios (tubarões) que habitavam aqueles mares há muito tempo. Na obra *Prólogo de um sólido contido naturalmente dentro de outro sólido*, de 1669, ele explicava como os dentes de tubarão (ou outro fóssil) estavam contidos em outro sólido, sugerindo o soterramento de organismos em sedimentos, que, mais tarde, se tornaram rochas.

Prosseguindo em seus estudos, Steno reconhece uma sequência de eventos históricos na ilha de Malta, em afloramento de rochas sedimentares; assim, estabelece os *Princípios Fundamentais da Estratigrafia*: (1) Da superposição das camadas, (2) Da horizontalidade original e (3) Da continuidade lateral, os quais podem ser considerados como basilares à datação relativa dos estratos e ao Tempo Geológico. Segundo Fritz & Moore (1988):

1. O Princípio da Superposição das Camadas afirma que em uma sequência não deformada de rochas sedimentares, a cada camada é mais antiga que a sobrejacente (situada acima) e mais jovem que a subjacente (situada abaixo); este princípio permite identificar a ordem de formação dos estratos, fundamental para o entendimento do processo histórico-geológico das rochas estratificadas.
2. O Princípio da Horizontalidade Original indica que sedimentos são depositados em camadas sucessivas horizontais e/ou sub-horizontais, o que permite identificar eventos de deformação posteriores à deposição; assim, quando uma falha geológica corta uma camada, ou um dique intrude na mesma, falha e dique são eventos ocorridos mais recentemente.
3. O Princípio da Continuidade Lateral permite reconstruir a distribuição geográfica original de uma camada dissecada pela erosão por meio da correlação física dos seus vestígios, ou seja, as camadas sedimentares são naturalmente contínuas, estendendo-se até as margens de bacia de deposição, podendo se tornar lateralmente delgadas.

Aos dezoito anos, o jovem William Smith foi contratado como agrimensor de um engenheiro responsável pelo registro público de propriedades. Ao longo de quatro anos de trabalho, em Oxfordshire, ele teve oportunidade de examinar as rochas e estudar a disposição de suas camadas (Groueff, 1976). A análise e a disposição das rochas possibilitou a ele retomar os princípios de Steno ao constatar que os estratos rochosos se estendiam e se repetiam ao longo de muitas milhas. Smith, que colecionava fósseis desde criança, percebeu que determinados fósseis estavam presentes no mesmo estrato, não importando a distância que separava os pontos de coleta. Ele passou a utilizar os fósseis que encontrava nos estratos geológicos como um “marcador” que os diferenciavam, criando, assim, o Método de Correlação Estratigráfica, por meio de seu Princípio da Sucessão Faunística, de 1793. Esse princípio

determinou a construção do “Mapa Geológico da Inglaterra e do País de Gales, com uma parte da Escócia”, a publicação da obra *Delineamento dos estratos* e sistematizou o estudo do Tempo Geológico.

## Sistematizando o estudo do Tempo Geológico

Muito antes do Método de Correlação de Smith, naturalistas tentavam explicar o mistério da formação da crosta terrestre. Ao final do século XVIII, o ideário geológico viu surgir uma disputa de pensamentos defendidos por dois naturalistas com pontos de vista opostos: James Hutton, que defendia o pensamento plutonista, e Abraham G. Werner [1749-1817], que advogava em favor do pensamento netunista, cuja primeira formulação se deve à Benoit de Maillet [1656-1748], em 1748. O Tempo Geológico, “uma das ideias culturalmente mais relevantes na história do pensamento” (Cervato & Frodeman, 2014, p.68), foi descoberto por Hutton e Werner.

Hutton acreditava que as rochas ígneas e os depósitos minerais derivavam do magma, em profundidade, e foram transportados (no estado líquido) até suas posições atuais. Contrapondo-se à teoria das soluções hidrotermais ascendentes, o naturalista escocês sugeria que os “magma mineralizantes”, injetados em fissuras e fraturas de origem tectônica, solidificavam-se, produzindo corpos minerais, tal como havia notado em diferentes pontos do território britânico. Werner, por seu turno, convenceu-se de que os estratos geológicos eram ordenados em sucessões definidas e resultavam de um processo descontínuo de transformação. Ele supôs que os oceanos, em particular, tinham um papel decisivo na formação das rochas, e na composição e na evolução da estrutura geológica da Terra.

Antes de Werner, o italiano Giovanni Arduíno [1714-1795] havia dado um novo impulso à estratigrafia, subdividindo os terrenos de acordo com a sua idade: denominou primário, o núcleo cristalino dos sistemas montanhosos; secundário as camadas dobradas ao redor do núcleo citado; terciário as camadas horizontais de arenito e argilas (estratigraficamente superiores às camadas secundárias) e alúvio (Leinz, 1989).

Segundo Allègre (1987), Werner afirmou que, em um primeiro período e num oceano primordial quente, depositaram-se granitos, gnaisses e pórfiros; em seguida, assentaram-se rochas de transição como xistos e, logo depois quando o mar começou a retirar-se dos continentes, calcários, grés e basaltos (esses últimos considerados por Werner como rochas sedimentares). Em um quarto período, nos quais rios e a

atmosfera atuavam como importantes agentes de erosão e transporte, depositaram-se argilas, areias e saibro. Finalmente, em um último período, iniciou-se uma intensa atividade vulcânica, causada pela combustão de formações carboníferas enterradas a grande profundidade. Essa teoria, em grande parte, se conciliava às Sagradas Escrituras, sobretudo por explicar (de modo coerente para a época) o dilúvio universal.

Quanto aos veios minerais, Werner afirmara que eles se originam da precipitação química, preenchendo fraturas do fundo do oceano, as quais haviam sido causadas pela ação de terremotos. Assim, o autor citado considerou extensivas ao resto do planeta (Wicander & Monroe, 2010) as considerações que havia utilizado para explicar a geologia da Saxônia (atual Alemanha).

Hutton, em sua obra *Téoria da Terra* (1795), sustentara que o magma era o principal formador das rochas, embora admitisse que a água pudesse interferir no processo de formação. Hutton, segundo Montgomery (2017), afirma que gradativamente o material erodido dos continentes se empilhava no fundo do mar, de modo que a pilha de sedimentos, de tão espessa, fundia-se em sua própria base, fazendo com que as camadas oriundas da rocha voltassem à superfície. Questionara dessa forma as teses de Werner, cuja autoridade dificilmente era questionada. A escola werneriana foi definitivamente abalada quando o geólogo Christian von Buch [1774-1853], netunista ferrenho, foi obrigado a reconhecer que os basaltos da região de Auvergne, França, não eram rochas sedimentares, uma vez que provinham de alterações sofridas pelo granito sob a ação do calor, mesmo estando ele distante de qualquer depósito de carvão.

Segundo Montgomery (2017), a pesquisa de Hutton em Siccar Point (litoral escocês) fez com que ele interpretasse uma inconformidade angular entre dois xistos – um, de origem devoniana, e o outro, siluriana – como um evento bastante extenso no Tempo Geológico; para ele, duas montanhas haviam sido soerguidas, erodidas e, por fim, suas bases ficaram ocultas sob a paisagem atual. As inconformidades angulares citadas levaram Hutton a sugerir que (1) seria impossível encontrar vestígios de rochas correspondentes ao início da história da Terra, uma vez que elas derivariam de outras ainda mais antigas, já destruídas por erosão e que (2) a história geológica da Terra é constituída de ciclos que se sucedem e vão se repetindo ao longo do tempo geológico.

Hutton reconhecia a ação dos processos naturais (erosão, deposição e atividade vulcânica) na modelação da superfície terrestre, entretanto,

advogava em favor da ideia que a composição atual das rochas do planeta seria a prova irrefutável de que a Terra existe há muito mais tempo do que o relatado na Bíblia, sugerindo um “tempo profundo”.

As teses huttonianas influenciaram fortemente a obra de John Playfair [1748-1819] (tornando-as populares em sua obra “*Ilustrações da teoria huttonianas da Terra*”, de 1802), e os trabalhos de Charles Lyell, que consolidou a visão de que os processos observáveis atualmente são responsáveis por modelar as formas de relevo. As teses possibilitaram outras descobertas geológicas, realizadas ao longo dos séculos XIX e XX, e deram origem a muita controvérsia.

Entre as polêmicas, é possível citar a disputa ocorrida entre dois naturalistas que estudavam os mais antigos terrenos sedimentares: Roderick Murchison [1792-1871] e Adam Sedgwick [1785-1873]. Enquanto o primeiro desejava a incorporação de um estrato ao período Siluriano, o segundo aconselhava que ele fosse incorporado ao período Cambriano. Em 1879, após a morte de ambos, a disputa se mostraria inútil: o estrato pertencia a um período ainda desconhecido (Ordoviciano), intermediário aos períodos citados, mas pertencente à mesma Era (Paleozoica).

Dos debates citados (e outros não menos importantes, mas que escapam ao escopo deste texto<sup>2</sup>) resultaram formulações notáveis sobre a *Escala de Tempo Geológico*, tomando por base a análise dos fósseis e da correlação entre estes e os estratos em que se encontravam. Entretanto, havia camadas que subjaziam às estudadas, ainda mais antigas, tais como os escudos cristalinos, formados antes do Cambriano, ou seja, pré-cambrianos.

## Estabelecendo uma escala *relativa* do Tempo Geológico

Os naturalistas do início do século XIX compreendiam que períodos geológicos se sucederam e que cada um deles estava associado a diversos estágios de fauna (como preferem os paleontólogos), fato que poderia ser utilizado na caracterização dos estratos. William Smith e Charles Lyell [1797-1875] reconheceram que os estratos rochosos representavam essa sucessão temporal, porém as escalas de tempo somente podiam ser estimadas com baixa precisão, pois estimativas das taxas de variação eram incertas. As dificuldades eram substanciais porque ainda não se sabia quais fósseis realmente seriam úteis para correlações (fósseis-guia).

<sup>2</sup> Catastrofismo (Cuvier) versus Uniformitarismo (Hutton/Lyell), Criacionismo divino (Bíblia) versus Teoria da Seleção Natural (Darwin/Wallace), por exemplo

Enquanto criacionistas como o bispo James Usher [1581-1656], no século XVII, propunham, com base nas Escrituras, datas de cerca de seis mil anos para a Terra, os primeiros geólogos, no século XIX, sugeriam idades de milhões de anos a cada período geológico e, alguns, se arriscavam a recomendar idade virtualmente infinita para a Terra – a partir na noção de “tempo profundo”, de Hutton.

Com base no Princípio da Sucessão Faunística, de Smith, e na obra “*Princípios de Geologia*”, de Lyell, os paleontólogos e geólogos realizaram pesquisas e debateram ideias que levaram à construção de uma tabela geológica. Tomando por base uma teoria sobre processos geológicos cíclicos, regulares e de longa duração, responsáveis pelo caráter transformador do relevo terrestre (Teixeira, 2011), os primeiros naturalistas estabeleceram as posições relativas de diferentes estratos e fósseis, mas somente podiam estimar as escalas de tempo, uma vez que se apoiavam em taxas (imprecisas) de intemperismo, erosão, sedimentação, transporte e litificação.

Importante saber que as divisões do tempo geológico foram estabelecidas antes mesmo do desenvolvimento dos métodos de datação absoluta. As divisões representavam intervalos de tempo não equivalentes – ou seja, são *escalas relativas* de tempo – mas indicavam a possibilidade de desvendar os detalhes da sequência geológica e da evolução temporal.

Allègre (1987) afirma que, apesar de as faunas fósseis mudarem ao longo do tempo, é possível estudá-las em um mesmo local para estabelecer sua sucessão, correlacionando-as com as formações geológicas, tal como realizado por William Smith, para a Inglaterra central, e Georges Cuvier [1769-1832], para a bacia de Paris. Dos trabalhos de ambos resultaram cartas geológicas fundamentais. Entretanto, esses naturalistas defendiam pontos de vista bastante diversos, uma vez que Cuvier propunha utilizar as mudanças ocorridas na fauna e na flora, decorrentes de grandes extinções, para subdividir o Tempo Geológico. Atualmente, para essa delimitação, são utilizados os principais eventos relativos a mudanças globais, tais como extinções e glaciações.

Quanto mais recente o registro geológico, maior é o número de fósseis encontrados, sendo, portanto, mais fácil dividi-lo em intervalos de tempo menores. De modo inverso, como o registro se torna mais fragmentado e difuso à medida que retrocedemos rumo ao “tempo profundo”, a delimitação da idade dos períodos mais antigos torna-se mais imprecisa e difícil (Zucon et al., 2011).

A Escala do Tempo Geológico foi estabelecida com base na sucessão biológica da Terra registrada nas camadas rochosas (Carneiro et al., 2005). As inclusões refratárias dos meteoritos chamados condritos são os objetos mais velhos do Sistema Solar, tendo sido datados pelo método urânio-chumbo com precisão:  $4.566 \pm 3 \text{ Ma}^3$  (Zanda, 1996). Admite-se que a Terra formou-se, como um corpo fundido, durante os 120 Ma seguintes (Carneiro et al., 2005).

Os nomes das divisões principais, chamadas éons, referem-se ao caráter geral da vida em cada uma. O éon mais antigo, inicialmente denominado Arqueozoico (do grego vida antiga) – hoje designado Arqueano – compreende o intervalo de tempo entre pelo menos 4,00 Ga, quando se sabe da existência de uma crosta terrestre, e 2,50 Ga, sendo seguido pelo Proterozoico (do grego, vida primitiva), que corresponde ao intervalo de tempo entre 2,50 Ga e 538,8 Ma (ICS, 2023), e pelo Fanerozoico (do grego, vida visível) iniciado há 538,8 Ma (= 0,538 Ga) e ainda em curso. O éon Hadeano precede o Arqueano; o nome é derivado do antigo deus grego das profundezas, Hades. As condições então vigentes eram “infernais”, pois o planeta tinha acabado de se formar. Estava muito quente devido ao alto vulcanismo, com frequentes colisões com outros corpos do Sistema Solar e uma superfície parcialmente derretida. O Hadeano se estende desde cerca de 4,6 Ga (correspondente à formação inicial da Terra) até 4,0 Ga atrás.

As rochas arqueanas, em geral muito deformadas e metamorfizadas, não apresentam fósseis de valor cronológico, mas contêm indícios de vida, representados por compostos orgânicos e raros microfósseis globulares, filamentosos e bastonetes, possivelmente originados de bactérias, que estão presentes em rochas datadas de até 3,85 Ga. O maior desafio em identificar esses materiais assenta na falta de partes duras, como as existentes em organismos mais recentes, e que são mais fáceis de preservar. Nas últimas etapas do éon Proterozoico, destaca-se o surgimento de organismos unicelulares e multicelulares, além dos primeiros metazoários. Geologicamente, o intervalo é marcado pela grande movimentação das placas tectônicas e pela continuidade de alterações significativas na composição da atmosfera terrestre e nos oceanos, que se modificaram amplamente desde fins do Arqueano.

3 A idade de uma unidade estratigráfica ou o tempo de um evento geológico pode ser expresso em anos antes do presente (antes de 1950 D.C.). As abreviações usuais são as siglas “Ma” (sem ponto final), que significa *mega-annum* e designa um milhão de anos ( $10^6$  anos) e “Ga” (*giga-annum*) que se refere a um bilhão de anos ( $10^9$  anos) (U.S. Geological Survey Geologic Names Committee, 2018).

Ao éon Proterozoico segue-se o Fanerozoico, iniciado pelo período Cambriano e caracterizado por uma significativa irradiação evolutiva (denominada por “explosão cambriana”), que eleva o número de espécies para 30 milhões, constituindo 29 táxons (filos) diferentes, sobretudo por suas aquisições morfológico-funcionais. Nesse último período, a maioria dos grupos animais apresenta partes duras (conchas calcárias e ossos, por exemplo) e seus restos preservados constituem parte importante do registro fóssil (Mendes, 1988)<sup>4</sup>.

O éon Fanerozoico, por sua vez, divide-se em três eras denominadas: Paleozoica (do grego, vida antiga), entre 538,8 e 251 Ma (ICS, 2023), associada anteriormente aos terrenos primários; Mesozoica (do grego, vida intermediária), de 251 a 65 Ma, associada aos secundários, e Cenozoica (do grego, vida recente) de 65 Ma atrás até o presente, associada aos terciários. Importante lembrar que a sugestão sobre a existência de terrenos quaternários é, originalmente, de Jules Desnoyers [1800-1887], que a incluiu na obra de 1829, intitulada *Observação sobre um conjunto de depósitos marinhos mais recentes que os terrenos terciários da bacia do Sena, e constituindo uma formação geológica distinta* (Grifo nosso).

Para Allègre (1987) a mudança de denominação, de terreno para era, implicou significativa mudança semântica, com a transposição da ideia de espessura da rocha sedimentar (terreno) para a de tempo, o que foi crucial para a consolidação da ideia de Tempo Geológico.

Como se observa (sem que haja necessidade de se estender ainda mais as possíveis subdivisões dos períodos em direção a épocas, idades etc.), a escala geológica, em fins do século XIX, necessitava de uma calibração em unidades de tempo, possibilitando a delimitação cronológica. Para isso, era necessário encontrar um modo de ‘datar’ cada um dos estratos. Em algumas dezenas de anos as hipóteses se acumularam, sem que se chegasse a um consenso.

## Hipóteses sobre a idade da Terra

As primeiras tentativas científicas de se estabelecer a idade da Terra levaram em consideração a salinidade dos oceanos. Em 1715, o astrônomo britânico Edmond Halley [1656-1742] idealizou a possibilidade de se mensurar, com bastante precisão, o teor de sal na água do mar em um dado

4 Por muito tempo, os fósseis do Cambriano foram considerados como os mais antigos da Terra. Entretanto, foram identificados fósseis do período Ediacarano (Éon Proterozoico), como a *Eoandromeda*, espécie livre-natante, constituída por oito segmentos espirais e gelatinosos.

instante ( $S_0$ ) e repetir esta medida uma década depois ( $S_1$ ). Subtraindo-se as salinidades ( $S_1 - S_0$ ), seria possível saber o incremento em uma década. Se essa taxa de crescimento ao longo do tempo fosse invariável, ela serviria para determinar o tempo total transcorrido, se levássemos em consideração que o oceano era formado, inicialmente, por água isenta de sal.

Em 1859, “sir” Charles Darwin [1809-1882], na primeira edição de *A origem das espécies*, utilizou uma estimativa para a taxa de erosão dos estratos de giz, arenito e argila do vale *Weald*. Apoiando-se nos estudos de “sir” Charles Lyell, Darwin buscava saber se havia tempo suficiente na história da Terra para sustentar seus princípios de evolução. Assumiu uma *taxa de erosão de cerca de uma polegada por século* e calculou a idade do *Weald* em cerca de 300 milhões de anos. Sendo verdadeiro esse resultado, ele assumiu que a própria Terra deveria ser muito mais velha. Em 1899, John Joly [1857-1933] sugere ser possível calcular a idade da Terra pelo acúmulo de sódio nas águas do oceano. Refletiu que o sódio dos oceanos era proveniente de processos erosivos, e estimou (com pouca precisão) a *taxa de sódio que os rios do mundo acrescentavam aos oceanos a cada ano*, considerando-a invariável ao longo da história. Utilizando o volume total de água nos oceanos (que ele subestimou) para obter o total de sódio estocado, determinou que a idade do oceano fosse de 100 milhões de anos. Apesar de impreciso, o método inovou a maneira usual de se refletir sobre o problema.

Note-se que tanto os raciocínios de Darwin quanto o de Joly apoiam-se no Princípio do Uniformitarismo. Segundo ele, os processos que ocorreram no passado são resultado de forças da natureza idênticas às que se observam na atualidade; daí a hipótese de as taxas de erosão (dos estratos) e de acumulação (do sódio) serem consideradas constantes ao longo do processo histórico-geológico.

A partir de 1846, “sir” William Thomson [1824-1907] (depois conhecido como lorde Kelvin) passou a criticar as datações propostas por Darwin e outros naturalistas à idade do planeta. Ele considerou que a Terra perde calor por condução térmica e que esse fato pode afetar grandemente os processos geológicos, mudando, inclusive, as taxas utilizadas por Darwin e Joly (já citadas). Ele ainda concluiu que o resfriamento do planeta impunha um limite superior à idade da Terra. Para comprovar sua teoria, mostrava que o gradiente geotérmico efetivamente existia, uma vez que, à medida que se desce às profundezas terrestres, a temperatura aumenta. Com base na lei de propagação térmica de Fourier [1768-1830], Thomson introduz em seu cálculo do

gradiente térmico e, tomando por base o argumento de Carnot [1796-1832], admite que o calor desloca-se de uma fonte mais quente para outra mais fria; supõe, então, que obteria a idade da Terra se avaliasse o tempo decorrido no resfriamento da superfície terrestre. Desenvolveu uma fórmula na qual a idade da Terra (IT) era dada pela relação entre o quadrado da variação de temperatura (no momento da formação da Terra,  $T_0$ , e da temperatura atual,  $T$ ), dividido pelo produto vezes o coeficiente de difusão térmica (Kd) vezes o quadrado do gradiente geotérmico (GG) – assumido por Thomson como sendo igual a 25°C por quilômetro de profundidade.

Em 1897, incluindo ainda a possibilidade de a Terra absorver uma parte da energia solar, e de sofrer uma perda irreversível de energia, regressou aos seus cálculos matemáticos e às incertezas que suas hipóteses implicavam; Thomson alargou a margem de erro e admitiu que Terra e Sol tivessem, no máximo, 400 milhões de anos, recuando suas estimativas para não mais que 25 milhões de anos. Entretanto, Thomson não incluía em seus cálculos o calor gerado pelas desintegrações radioativas, que ele – e todos os cientistas, na época – desconheciam.

Joly, em seu livro *Radioactivity and Geology*, de 1909, sugeria que o fluxo de calor na Terra seria grandemente afetado pelo efeito da radioatividade das rochas. Ele foi o primeiro a propor que o calor gerado pela desintegração radioativa forneceria parte da energia utilizada em processos geológicos, introduzindo um fator que não havia sido levado em conta por Thomson no cálculo da idade da Terra.

Isso mudou definitivamente quando o National Research Council publicou, em 1931, o artigo *A Idade da Terra*, de Adolf Knopf e colaboradores. Eles defendiam uma linha de investigação que (1) possibilitou a descoberta de uma progressão regular das idades em vários pontos da crosta terrestre e (2) encontrou concordância entre a progressão e o princípio da sucessão faunística – associado à presença de fósseis nos estratos. Era possível, agora, desenvolver uma nova Escala do Tempo Geológico, que deixava de ser relativa e passava a ser absoluta.

## Evoluindo para uma escala *absoluta* do Tempo Geológico

O termo Geocronologia reúne as diferentes formas de investigação da escala de tempo (em anos), aplicáveis tanto à evolução do planeta, quanto à das formas de vida nele existentes. Para garantir absoluta precisão,

um relógio geológico deve apresentar comportamento conhecido, a uma taxa constante, e associar-se a um processo irreversível, governado pelo tempo (Carneiro et al., 2005).

A descoberta da radioatividade por Becquerel e pelo casal Curie, em 1896, e o desenvolvimento, durante a primeira metade do século XX, do método da datação radiométrica de rochas e minerais, permitiram o surgimento (e o desenvolvimento) da Geocronologia, uma vez que a desintegração radioativa dos isótopos é um processo natural e espontâneo, associado a uma taxa estatisticamente previsível e estável.

A datação absoluta possibilitou a determinação do tempo transcorrido entre a formação geológica (cristalização ou solidificação) das rochas ou minerais e o tempo atual, utilizando o fato de os isótopos radioativos instáveis ganharem estabilidade nuclear ao se transmutar em elementos estáveis, seguindo uma taxa constante de decaimento, denominada *período de meia-vida*, sendo o valor característico para cada isótopo radioativo. Deste modo, o método geocronológico baseado em carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ) permite determinar com precisão idades de até no máximo 70.000 anos, porque esse isótopo apresenta período de meia-vida de 5.730 anos. O método do urânio-238 ( $^{238}\text{U}$ ), por outro lado, possibilita fazer datações mais antigas, uma vez que o isótopo possui período de meia-vida igual a 4,5 bilhões de anos (4,5 Ga). Com a introdução da datação absoluta pelos métodos geocronológicos, foram estabelecidos limites numéricos entre as divisões da Escala do Tempo Geológico, reordenando-se períodos e introduzindo-se novas épocas e idades.

As primeiras tentativas de estabelecimento de uma escala formal de tempo foram feitas por Bertram Boltwood, em 1907, que estimou a idade da Terra em até 2,2 Ga, e por Arthur Holmes, em 1913, cuja estimativa apontava para um valor máximo de 1,6 Ga para rochas do Arqueano – ambos utilizando o método Urânio-Chumbo ( $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ ). Em revisões posteriores, Holmes obteve para a idade da Terra valores de até 3,0 Ga, em 1927, e de até 4,5 Ga, em 1940, empregando, mais acuradamente, o mesmo método radiométrico.

O método urânio-chumbo (U-Pb), embora conhecido desde o início do século XX, tornou-se mais exato pela melhoria da capacidade analítica dos laboratórios que atualmente conseguem trabalhar em condições de extrema assepsia (altamente limpos) e utilizar amostras com concentrações-traço, ou seja, de nanogramas por litro (ng. L<sup>-1</sup>). O método U-Pb constitui um dos esquemas mais refinados de datação,

podendo ser utilizado em rochas formadas e cristalizadas em um intervalo de tempo amplo (de 0,5 Ma até 4,5 Ga) e com precisão de 0,1 a até 1%, sendo aplicado normalmente ao zircão ( $ZrSiO_4$ ), mineral que incorpora átomos de urânio e tório, mas é incompatível à entrada de  $U^{2+}$  em sua rede cristalina, durante a formação desta (Thiessen, 2018). Nesse sentido, os depósitos de zircão recém-formados não contêm chumbo, de tal modo que qualquer átomo de chumbo encontrado no mineral formou-se, exclusivamente, por decaimento radioativo (radiogênico) em sua estrutura cristalina. Como é conhecida e constante a taxa exata na qual o urânio se decompõe em chumbo, a relação Pb/U atual, em uma dada amostra do mineral, serve para determinar, com exatidão, sua idade.

O método está fundamentado em três cadeias de decaimento separadas: a série relativa à transformação urânio  $^{238}U \rightarrow ^{206}Pb$ , com período de semidesintegração ou de meia-vida de 4,47 Ga, a relativa à transformação  $^{235}U \rightarrow ^{207}Pb$ , que apresenta período de meia-vida de 710 Ma e a relativa à transformação  $^{232}Th \rightarrow ^{208}Pb$ , que apresenta período de meia-vida de 14,01 Ga – sendo que essa última não se inicia com isótopos de urânio, mas contribui na quantidade final de chumbo.

- Na primeira série, o urânio-238 decai por oito emissões alfa, constituída por partículas semelhantes ao núcleo do hélio, e seis emissões beta, resultante da reação que transforma um nêutron do núcleo atômico em um próton e numa emissão desprovida de massa e de carga negativa (semelhante a um elétron);
- Na segunda série, o urânio-235 decai por sete emissões alfa e quatro emissões beta, tal como descrito acima.
- Na terceira série, o tório-232 decai por seis emissões alfa e quatro emissões beta, tal como descrito acima.

É importante lembrar que todo urânio de ocorrência natural contém  $^{238}U$ , bem como  $^{235}U$ , numa relação constante de 137,818 para 1 (Hiess et al., 2012). Entretanto, alguns minerais que se prestam a esse tipo de datação contêm originalmente  $^{204}Pb$ , que não é produzido por desintegração radioativa. Esse fato fez com que o  $^{204}Pb$  se tornasse um elemento-chave, uma vez que sua quantidade está associada às dos isótopos  $^{206}Pb$ ,  $^{207}Pb$  e  $^{208}Pb$  presentes no momento da formação do mineral a ser datado, o que possibilita a dedução das quantidades iniciais dos isótopos de chumbo formados por desintegração, corrigindo os dados utilizados na datação radiométrica.

Como afirmam Carneiro et al. (2005), após efetuadas essas deduções, as idades obtidas pelas razões  $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$  e  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  devem concordar, mostrando que o mineral se comportou de modo semelhante a um sistema fechado (sem troca material). As chamadas idades concordantes, indicadas pelo *diagrama de concórdia* (Fig. 2), indicam a idade radiométrica verdadeira.

Se as idades não coadunam entre si, diz-se que, por falta de concordância, elas não representam a idade radiométrica verdadeira do mineral. Isto provavelmente se deve ao fato de ter ocorrido alguma troca iônica no cristal durante seu processo de formação, fazendo com que o cristal se comportasse como um sistema aberto (Thiessen, 2018).

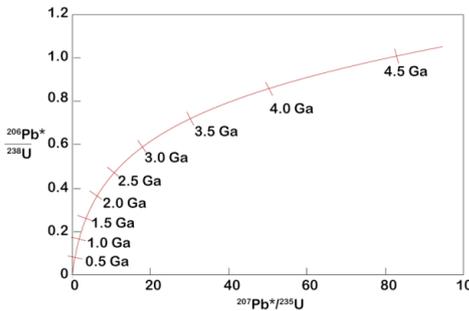


Figura 2. Diagrama de concórdia de Wetherill. Adaptado de Thiessen (2018)

## Exemplo: a Placa Sul-Americana e o continente que ela desloca

A Teoria da Tectônica de Placas, cujo nascimento remonta aos estudos de Wegener em 1912 (Lavina, 2010), estimulou importantes programas de cooperação internacional, que reuniram organismos e entidades para desenvolver programas de pesquisa científica sobre os mais diversos aspectos: geofísica, geologia, petrologia, geoquímica e outras disciplinas. O mecanismo de deslocamento concebido por Wegener estava incorreto, mas sua ideia de que os continentes se movem ao longo do tempo é inteiramente certa (Ralls, 2023). Mais do que isso, as placas tectônicas são como peças de um imenso quebra-cabeças, que movem continentes, abrem e fecham oceanos ao longo do tempo.

As descobertas oriundas da pesquisa sobre Tectônica de Placas deram origem a dois importantes temas que fundamentam o conhecimento moderno sobre a evolução de continentes e oceanos: o Ciclo

de Wilson e o Ciclo de Supercontinentes, que são aqui esboçados em linhas bem genéricas.

Os continentes e oceanos sofrem mudanças contínuas, alterando suas configurações e modelando a superfície da Terra. Oceanos se abrem formando dorsais, subduções ocorrem consumindo placas oceânicas, continentes sujeitam-se a magmatismo, acresções, fragmentações e aglutinações gerando cadeias montanhosas, que sofrem erosão e originam as coberturas sedimentares. Os processos envolvidos são variados e pode-se reconhecer uma sucessão geral que é sistematizada no que foi chamado Ciclo de Wilson. Massas de continentes e oceanos começaram a se formar em tempos arqueanos e se ampliaram no Proterozoico e Fanerozoico, numa história que se desenrolou por sucessão de ciclos de Wilson. (Hasui, 2012, p.98).

As idades das rochas da América do Sul espalham-se no Tempo Geológico, desde o Arqueano até o Proterozoico e o Fanerozoico. Portanto, para se recompor a história geológica registrada nas rochas e no relevo dessa imensa região (Fig. 3), é preciso reconstituir a paleogeografia dos continentes, pelo menos desde quando as placas litosféricas colidiram e se uniram, há mais de 540-550 Ma. Nessa época formou-se o supercontinente Gondwana. A América do Sul somente se individualizou depois de se afastar da África, um processo que marcou o desaparecimento do supercontinente Pangea e que teve início há cerca de 130



Figura 3. Relevo e formas topográficas da América do Sul, em imagem compilada pela NASA PIA03388\_lrg.jpg. Fonte URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/3581/topography-of-south-america>

milhões de anos, no estágio de Ativação (Almeida et al., 2012). A Placa Sul-Americana e o continente que se move junto com ela, a América do Sul, formaram-se devido à ruptura das placas.

A versão de alta resolução da imagem (NASA Earth Observatory, s.d.) permite alguns degraus de zoom; examinando-a em detalhe, percebe-se que a herança geológica se revela nas formas lineares de relevo que seguem o alinhamento das estruturas rochosas antigas. A oeste, o relevo acidentado da Cadeia dos Andes obedece a alinhamentos aos quais se subordina até mesmo o traçado da linha de costa, resultante da colisão da Placa de Nazca com a Placa Sul-Americana. As grandes elevações andinas destacam-se em comparação com as feições do relevo brasileiro: planaltos, planícies, espigões topográficos e zonas montanhosas implantadas sobre um substrato rochoso heterogêneo.

A evolução da rede hidrográfica moderna associa-se à distribuição dos remanescentes de formas de relevo provavelmente desenvolvidas sob condições geológicas e ambientais muito diferentes das vigentes nos últimos séculos. Além disso, durante o Neógeno, os esforços compressivos se aceleraram em quase toda a América do Sul, causando reativação de zonas de fraqueza. Um efeito da influência dos esforços

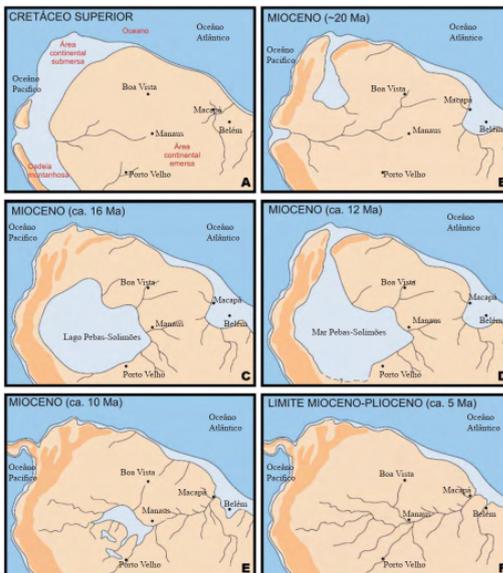


Figura 4. Evolução paleogeográfica da rede de drenagem da região amazônica, do fim do Cretáceo ao início do Plioceno. Fonte: Bartorelli (2012, p.622)

relaciona-se ao clímax da Fase Quechua da Orogenia Andina, há 10,7 Ma, que provocou a inversão do Rio Amazonas e estabeleceu os atuais sistemas de drenagem das bacias do Amazonas, do Orinoco e do Prata. Bartorelli (2012) descreve da seguinte maneira a formação das bacias hidrográficas da América do Sul:

Encerrado o estágio da Ativação Mesozoica, sobreveio o estágio Moderno, de idade neogênica, que perdura até o presente e que representa a atenuação progressiva da atividade tectônica da etapa anterior. (...) A fase mais rápida do soerguimento da Cordilheira dos Andes ocorreu durante o Mioceno, há cerca de 20 a 11 Ma, com grande impulso entre 10 e 6 Ma atrás. A criação dessa verdadeira muralha natural mudou radicalmente o clima e os padrões (...), enquanto a precipitação pluviométrica cresceu significativamente nas encostas andinas orientais.

Por mais surpreendente que pareça a paleogeografia continental, é instigante pensar que o atual Rio Amazonas correu originalmente para oeste (Fig. 4): era o *Rio Sanozama* (Amazonas ao contrário).

Bartorelli (2012) reconstituiu a evolução da rede de drenagem amazônica a partir de dados sedimentares, estratigráficos, paleogeográficos e tectônicos. O soerguimento da Cadeia dos Andes controlou a evolução da rede hidrográfica em dois eventos orogênicos: no Eoceno e a partir do Oligoceno. No Cretáceo Superior, quando a cadeia andina ainda era incipiente, os dois sistemas de drenagem existentes dirigiam-se, respectivamente, para o Pacífico e para o Atlântico (Fig. 4A). No início do Mioceno aconteceu o recuo do Pacífico, mantendo-se a dualidade de sistemas de drenagem (Fig. 4B). Na metade do Mioceno havia um mar interior que se abriu depois para norte (Figs. 4C e 4D). No fim do Mioceno, entre cerca de 12 e 10 Ma, o lago foi gradativamente assoreado e o sistema de drenagem se voltou para o Atlântico (Fig. 4E). O Rio Amazonas e seus afluentes configuraram-se ao término do Mioceno, ao redor de 5 Ma (Fig. 4F), quando passaram a desaguar diretamente no Oceano Atlântico (Bartorelli, 2012).

A nomenclatura cronoestratigráfica e geocronológica é uma severa barreira para os estudantes, que se sentem incapazes de memorizar tantas denominações. Salientamos acima que apenas o uso continuado dos termos permitirá registro dos intervalos por memorização ativa. Arai & Branco (2018) recomendam muita atenção quanto ao emprego correto dos termos e conceitos.



Figura 5. Mapa de Pangeia com superimposição dos limites políticos atuais. Fonte: Massimo Pietrobán (2012), Wikimedia. Fonte URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangea\\_political.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangea_political.jpg)

## Cuidados com o uso de analogias e metáforas

As analogias apresentam grande potencial para sensibilizar o raciocínio crítico do aluno, mas às vezes podem ser erroneamente usadas. “Entende-se por analogia o ponto de semelhança entre coisas diferentes; semelhança, similitude, pareceria” (Dotti, 2007, p.41). Os estudantes podem não deter o conhecimento necessário para entendê-las (Dotti, 2007) ou até mesmo se posicionar de forma crítica “diante da correlação sugerida” (Chaves et al., 2018, p.239). O professor, nessa situação, precisa revisar as bases – e eventuais conceitos – que sustentam o raciocínio de seus alunos e até mesmo avaliar se estão presentes equívocos conceituais (*misconceptions*). Nessa situação, apesar de tentar explicar, as analogias podem complicar e confundir (Dotti, 2007). É preciso confrontar o conceito-alvo (que está em estudo) ao conceito análogo (que pertence a um domínio mais familiar), ressaltando suas virtudes e apontando seus problemas (Glynn, 1991).

## Gondwana e Pangea

Pangea, nome que em grego significa “quase toda a terra”, foi o supercontinente mais jovem do planeta. Ocupou cerca de 1/3 da superfície terrestre; os restantes 2/3 integraram o grande oceano denominado Panthalassa. Pangea formou-se no Carbonífero e no Permiano, que são os períodos finais da Era Paleozoica. Caso as atuais nações pudessem

ser sobrepostas a Pangeia, observaríamos aproximadamente o padrão representado por Massimo Pietroban (2012) (Fig. 5): a África moderna e a América do Sul estavam reunidas; a América do Norte se intrometeu com a Flórida entre a América do Sul e a África (Ralls, 2023); o Mediterrâneo não existia, pois a Eurásia estava ligada à parte norte da África.

Quando se ajustam as fronteiras modernas aos limites do supercontinente Pangea, o mundo fica muito diferente...

## Material didático envolvendo Tempo Geológico

A utilização de exemplos da vida cotidiana permite visualizar fenômenos geológicos compatíveis com a escala de tempo humana, como terremotos, inundações, erupções etc. Tal abordagem ajuda os estudantes a estabelecerem pontes com processos e ciclos que se desenvolvem na escala geológica de tempo. Em uma abordagem não convencional da dinâmica terrestre, podemos assinalar que a Terra consome e produz tudo aquilo de que as formas de vida conhecidas necessitam para viver. Apresentamos no próximo item duas propostas de atividade que exploram problemas reais e os conectam a conteúdos geocientíficos que ajudam a desenvolver o pensamento crítico-criativo:

1. *Tempo Humano e Tempo Geológico*: a contraposição didática entre escalas de tempo muito contrastantes tem importante implicação nas Ciências Ambientais. O entendimento ampliado de tempo interessa à Cosmologia, à Biologia e às Ciências da Terra e revela interessantes facetas de interdisciplinaridade.
2. *O uso de metáforas sobre “tempo profundo”*: a literatura especializada oferece numerosas analogias e metáforas que podem superar as barreiras para que cada estudante seja capaz de estimar os imensos intervalos de tempo envolvidos na história geológica.

## Proposta de atividade sobre Tempo Humano e Tempo Geológico

A noção de tempo é familiar a todos nós: desde cedo vivenciamos experiências comuns que nos possibilitam quantificar, fazer previsões ou separar intervalos ligados ao tempo objetivo: “ontem, hoje e amanhã”. A noção, rotineira, contrasta com a notável expressão anglo-saxônica de “tempo profundo”, que traduz um entendimento mais amplo: o Universo existe há muito tempo, mas a humanidade apareceu nos



Figura 6. Empilhamento de camadas sedimentares no Parque natural do Varvito, na cidade de Itu (SP): quando e de que forma as rochas se formaram naquele local? Como teria sido a paisagem ali?

“últimos segundos do metafórico relógio geológico” (Bonito et al., 2010, p.83). Podemos convidar os estudantes a pensar sobre diferentes escalas de tempo e pedir que expliquem o que é tempo. O desafio parece simples, mas não é.

- Passo 1. *Iniciar debate.* Sugere-se que o professor inicie um debate com a afirmação dos autores Bonito et al. (2010):

*(...) os actuais debates sobre problemas ambientais têm cada vez mais presente a perspectiva temporal em relação à ocorrência de acontecimentos como, por exemplo, o aquecimento global e a alteração do nível do mar (...). Assim, intervir para o “bem-estar” do planeta Terra passa pela compreensão da escala temporal em que os fenómenos que o afectam ocorrem e da necessidade de se actuar em tempo útil se queremos preservá-lo. No entanto, a abordagem curricular do conceito de tempo assume, também, um papel relevante no desenvolvimento de uma cidadania mais exigente.*

- Passo 2. *Estimular os alunos.* O professor pode pedir que os alunos se dividam em grupos e realizem pesquisa sobre as velocidades dos processos terrestres. Alguns deles deverão citar exemplos de fenômenos muito rápidos, enquanto outros terão de identificar processos muito lentos. Um terremoto é um evento rápido? E um furacão? E se considerarmos todos os registros de terremoto de uma mesma região ao longo de cinco séculos, continua a ser um processo rápido? Pode-se convidá-los a coletar exemplos de fenômenos rápidos porém continuados, como por exemplo a acumulação de restos plásticos nos oceanos.
- Passo 3. *Questionar os alunos.* Em seguida, o professor pode pedir que os alunos interpretem as imagens da Figura 6, obtidas no Parque natural do Varvito, na cidade de Itu (SP), onde se observam camadas

sedimentares acumuladas e compactadas ao longo de um intervalo de tempo muito longo (Carneiro, 2016).

- Passo 4. Situar os *alunos*. O principal agente de transformação neste caso é a ação do gelo. Pode-se pedir que eles identifiquem quais são os campos da Ciência envolvidos nos estudos e justifiquem as respostas.
- Passo 5. *Explicar aos alunos*. Nessa época, há aproximadamente 300 milhões de anos atrás, o ambiente era muito diferente daquele que temos hoje (Fig. 7): a região sul-sudeste do Brasil e grande parte dos continentes atuais, como a África, a Antártida, a Austrália e a Índia estavam unidos e, além disso, situados próximos ao Polo Sul terrestre. Existem registros preservados, similares ao varvito de Itu, em outros locais de Gondwana, o supercontinente. Os sedimentos acumularam-se no fundo de antigos lagos, lâmina sobre lâmina, e mais tarde foram transformados em rochas compactas. Para interpretar esse cenário é preciso muita imaginação: são fenômenos que aconteceram sob condições muito distintas das de hoje e conceber o fundo de um grande lago, calmo e tranquilo, que recebia sucessivas descargas de argilas e siltes transportados pela água de degelo de grandes geleiras.
- Passo 6. *Objetivos e avaliação*: ao observarmos a bela sucessão de camadas presentes em uma amostra de varvito, somos forçados a pensar que cada uma delas representou, durante algum tempo, o fundo calmo de um mesmo lago. Camada após camada, uma recobrando a outra, e assim por diante, durante milhares a milhões de anos. É uma história talvez monótona, mas que não pode ser contada segundo o ritmo de nossa vida diária. Para entender melhor essa longa história, precisamos ajustar nossos padrões de pensamento, nossas escalas e, sobretudo alimentar nossa imaginação...

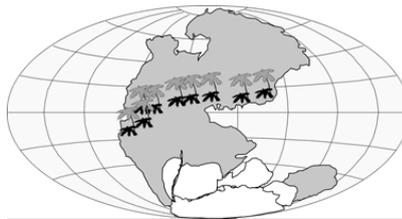


Figura 7. Reconstrução paleogeográfica dos continentes há 300 Ma, formando os supercontinentes Gondwana e Pangea, quando as placas litosféricas estavam unidas. Grandes capas glaciais recobriam as porções continentais situadas próximas ao Polo Sul

## O uso de metáforas sobre “tempo profundo”

Uma barreira para a compreensão da noção de tempo profundo é o contraste entre linhas de tempo: para se ensinar história e cronologia para crianças é comum o uso de linhas de tempo horizontais, como a construção de um varal do tempo geológico, no qual os alunos prendem uma sequência de eventos isolados, a partir de uma lista fornecida pelo professor. Em uma linha do Tempo Geológico, a representação feita pelos geólogos é disposta na vertical (Fig. 8). Neste caso, “o presente sempre está no topo, enquanto que uma linha de tempo horizontal utilizada na história pode fluir da esquerda para direita, ou vice-versa” (Cervato & Frodeman, 2014, p.71).

Gould (1987, 1991) e Cervato & Frodeman (2014) apresentam diversas metáforas que podem ajudar a superar a barreira cognitiva para conceber os imensos intervalos de tempo da história da Terra. Uma atividade pode envolver a mera contagem dos anos que transcorrem durante um único período (ou época) da Escala do Tempo Geológico. O professor pode convidar os estudantes a fazer algumas contas simples: sabendo que um minuto corresponde a 60 segundos (60”), uma hora perfaz 3.600” e um dia abrange 86.400”, imaginem quanto tempo uma pessoa demoraria para contar os últimos 11 Ma da história da Terra, correspondentes ao Holoceno (Fig. 8), sempre contando um ano por segundo:

- 1 ano contém 31.536.000 segundos.
- Para contar 11.000.000 anos, a pessoa demoraria 127,3 dias, ou seja,

Cenozoico			
Data	Período	Época	Acontecimentos
2	Quaternário	Holoceno Superior	
4		Holoceno Médio	
6			
8		Holoceno Inferior	
10			
12			Extinção de grandes mamíferos
14		Pleistoceno Superior	Início do período interglacial
16			
18			Auge da última glaciação
22			
1.806		Pleistoceno Inferior	
5.332	Neógeno	Plioceno	
(...)			
66.000	Paleógeno		

Figura 8. Escala dos últimos intervalos do Cenozoico; os intervalos da coluna à esquerda são indicados em Ma

se começasse a contar no dia 01 de janeiro, terminaria a contagem no início de maio.

- Para contar os 4,56 Ga da história da Terra, a pessoa precisaria não fazer mais nada, além de contar cada ano, um a um; somente concluiria a tarefa se conseguisse viver mais de 140 anos.

Outra interessante analogia pode ser feita convencionando-se toda a história do planeta reduzida ao intervalo de um ano: no primeiro segundo do dia 01 de janeiro haveria a aglutinação de massas formadoras da Terra, e à meia-noite do dia 31 de dezembro chegaríamos no tempo presente. Nesta analogia, é fácil mostrar que a humanidade evoluiu nos instantes finais que precedem a meia-noite de 31 de dezembro.

## O tempo e os eventos contingentes

Para reconstruir a sucessão de eventos que ocorreram em uma determinada região, o geólogo precisa pressupor que são eventos de eventos contingentes. Todos os eventos individuais devem ser situados corretamente na sequência: “mude um evento no passado e a sequência de eventos históricos subsequentes também mudará” (Baker, 1996, p.41). Caso as imagens da Figura 4 fossem individualizadas, sem qualquer pista que permitisse identificar datas, o professor poderia pedir que os alunos reordenassem as etapas na ordem correta.

Para cumprir a tarefa, os alunos precisam reconhecer que tipo de fenômeno ocorre em cada etapa da evolução da rede de drenagem amazônica: invasão marinha, recuo do oceano, precipitação, construção da rede de drenagem, soerguimento da crosta, subsidência etc. No exemplo, assim como em outros, seria difícil contornar o caráter contingente dos eventos. A ordem correta seria realmente de A a F. Nesse caso, o problema do “jogo de cartas” admite uma única solução.

## Conclusões

Reflexões acerca da concepção de tempo profundo, tanto aquelas realizadas por docentes no ambiente educacional como as feitas por pesquisadores e especialistas, mostram ser mais simples *mensurar* o tempo do que *compreender*, efetivamente, sua duração. Assim, no ambiente escolar, é fundamental reconhecer a importância da Escala do Tempo Geológico, bem como a história do conhecimento – e a evolução dos conceitos associados –, até mesmo para fundamentar propostas que reorientem a ação

humana na Terra. São enormes as barreiras para que a meta seja atingida, mas existem alternativas que transformam a representação didática dos imensos intervalos envolvidos em curiosas atividades práticas. Nossa experiência prática mostra que é completamente inútil pedir que os alunos memorizem nomes e datas. A tarefa é desprovida de sentido prático e, portanto, de qualquer utilidade educacional.

## Agradecimentos/Apoio

Os autores agradecem à Coordenação de Aprimoramento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas a diversos estudantes de iniciação científica, mestrado e doutorado, ao longo dos últimos anos. As pesquisas individuais e coletivas ajudaram a compor um cenário abrangente sobre o tema deste capítulo.

## Referências

- Allègre, C. (1987). *Da pedra à estrela*. Lisboa: Dom Quixote. 261p.
- Almeida, F. F. M. de, Carneiro, C. D. R., Hasui, Y., Zalán, P. W., & Teixeira, J. B. G. (2012). Estágios evolutivos do Brasil no Fanerozoico. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 131-136. (Cap. 9).
- Arai, M., & Branco, P. M. (2018). Sobre o uso dos termos geocronológicos e cronoestratigráficos. *Terræ Didática*, 14(3), 217-224. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i3.8651816>.
- Baker, V. R. (1996). The geological approach to understanding the environment. *GSA Today*, 6(3), 41-43. URL: <https://rock.geosociety.org/net/gsatoday/archive/6/3/>. Acesso 07.06.2023.
- Bartorelli, A. (2012). Contexto geológico e evolução da rede hidrográfica do Brasil. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 574-622. (Cap. 24a).
- 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>.
- Carneiro, C. D. R. (2016). Glaciação antiga no Brasil: parques geológicos do Varvito e da Rocha Moutonnée nos municípios de Itu e Salto, SP. *Terræ Didática*, 12(3), 209-219. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v12i3.8647898>.
- Carneiro, C. D. R., Mathieu, T., & Simoni, J. A. (2004). *Primeiras palavras*. Campinas: Comvest/Unicamp, Comentários Comvest. Universidade Estadual de Campinas. (incógnito). URL: [https://www.comvest.unicamp.br/vest2004/F2/provas/comentarios\\_quim.pdf](https://www.comvest.unicamp.br/vest2004/F2/provas/comentarios_quim.pdf). Acesso 22.05.2023.
- Carneiro, C. D. R., Mizusaki, A. M. P., & Almeida, F. F. M. de. (2005). A determinação da idade das rochas. *Terræ Didática*, 1(1), 6-35. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v1i1.8637442>.

- 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>.
- Cervato, C., & Frodeman, R. L. (2014). A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. Trad. M. C. Briani e P. W. Gonçalves de Cervato C., & Frodeman, R. L. (2012). *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 486, p. 19-27. *Terrae Didactica*, 10(1), 67-79. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v10i1.8637389>.
- Chaves, R. S., Moraes, S. S. de, & Lira-da-Silva, R. M. (2018). Por que ensinar tempo geológico na educação básica? Campinas, SP: *Terrae Didactica*, 14(3), 233-244. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i3.8652309>.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Fan, J. -X. (2013). The ICS International Chronostratigraphic Chart. International Union of Geological Sciences. *Episodes*, 36(3), 199-204. Publ. online sept. 1, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2013/v36i3/002>.
- Dotti, A. F. (2007). *O uso de analogias no processo didático: Um estudo sobre livros de Ciências para a última série do Ensino Fundamental*. Araraquara: Fac. Ciênc. Letras. UNESP. 219p. (Dissert. Mestrado). URL: <http://hdl.handle.net/11449/90334>. Acesso 10.07.2023.
- Fritz, W. J., & Moore, J. N. (1988). *Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology*. New York: Wiley. 371p.
- Gibbard, P. L., Bauer, A. M., Edgeworth, M., Ruddiman, W. F. Gill, J. L., Merritts, D. J., Finney, S. C., Edwards, L. E., Walker, M. J. C., Maslin, M., & Ellis, E. C. (2022). A practical solution: the Anthropocene is a geological event, not a formal epoch. *Episodes*, 45(4), 349-357. DOI: <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2021/021029>.
- Glynn, S. M. (1991). Explicando conceitos científicos: um ensino-com-modelo de analogias. In: Glynn, S. M., Anony, R. H., & Britton, B. K. (Orgs.). (1991). *A Psicologia da Ciência da Aprendizagem*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum. p. 219-240.
- Gould, S. J. (1965). Is Uniformitarianism necessary? *American Journal of Science*, 263(3), 223-228.
- Gould, S. J. (1967). Is Uniformitarianism useful? In: Cloud, P. (Ed.) (1970). *Adventures in Earth History*. San Francisco: Freeman. p. 51-53.
- Gould, S. J. (1987). *Time's arrow time's cycle. myth and metaphor in the discovery of geological time*. Cambridge, Massachusetts and London, England. Harvard University Press. 246p.
- Gould, S. J. (1991). *Seta do tempo, ciclo do tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico*. Trad. Malferrari, C. A. São Paulo: Companhia das Letras. 221p.
- Gould, S. J. (2003). *A montanha de bivalves de Leonardo e a Dieta de Worms*. Trad. João Vilhena. Lisboa: Relógio D'Água. 439p.
- Groueff, S. (1976). *O enigma da Terra*. Trad. Miccio Tati. Rio de Janeiro: Primor. 400p.
- Hasui, Y. (2012). Evolução dos continentes. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 98-109. (Cap. 6).
- Hiess, J., Condon, D. J., McLean, N., & Noble, S. R. (2012). <sup>238</sup>U/<sup>235</sup>U systematics in terrestrial uranium-bearing minerals. *Science*, 335(6076), 1610-1614. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1215507>.
- Hume, J. D. (1978) An understanding of Geologic Time. *Journal of Geological Education*, 26(4), 141-143. DOI: <https://doi.org/10.5408/0022-1368-26.4.141>.
- Hutton, J. (1795). *Theory of the Earth, with proofs and illustrations*. Edinburgh: Cadell and Davies. 2v.
- International Commission on Stratigraphy (ICS). (2023). *Tabela Cronoestratigráfica Internacional, versão 2023/04*. International Commission on Stratigraphy chart. URL: <https://stratigraphy.org/chart#latest-version>. <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2023-04BRPortuguese.pdf>. Acesso 10.07.2023.

- Lavina, E. L. (2010). Alfred Wegener e a revolução copernicana da Geologia. *Revista Brasileira de Geociências*, 40, 286-299. DOI: <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.2010402286299>.
- Leinz, V., & Amaral, S. E. (1989). *Geologia geral*. São Paulo: Ed. Nacional. 399p.
- Mayor, A. (2011). *The first fossil hunters: Dinosaurs, Mammoths, and Myth in Greek and Roman Times*. London: Princeton Univ. Press. 361p.
- McPhee, J. (1980). *Basin and Range*. New York: Farrar, Straus, and Giroux.
- Mendes, J. C. (1988). *Paleontologia básica*. São Paulo: Ed. USP. 347p.
- Montgomery, D. R. (2017). A crença no Dilúvio: campo e teoria na evolução da paisagem antes da geomorfologia. *Campinas, SP, Terræ Didática*, 13(1), 43-61. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v13i1.8648627>.
- Nichols, R. L. (1974). The Comprehension of Geologic Time. *Journal of Geological Education*, 22(2), 65-68. DOI: <https://doi.org/10.5408/0022-1368-22.2.65>.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). NASA Earth Observatory. (s.d.). *Relief topography of South America*. Image Courtesy SRTM Team NASA/JPL/NIMA. Image PIA03388\_lrg.jpg. URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/3581/topography-of-south-america>. Acesso 10.07.2023.
- Pietrobon, M. (2012). *Projection of the political map of 2012 on Pangea*. Date 24 August 2012. Permission CC-BY-3.0. Fontes: URL: <http://capitan-mas-ideas.blogspot.com.br/2012/08/pangea-politica.html>. Wikimedia. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangea\\_political.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangea_political.jpg). Acesso 10.07.2023.
- Potapova, M. (2007). Geologia como uma ciência histórica da natureza. *Campinas, SP, Terræ Didática*, 3(1), 86-90. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v3i1.8637480>.
- Ritger, S. D., & Cummins, R. H. (1991). Using student-created metaphors to comprehend Geologic Time. *Journal of Geological Education*, 39(1), 9-11. DOI: <https://doi.org/10.5408/0022-1368-39.1.9>.
- Rossi, P. (1992). *Os sinais do tempo: história da Terra e história das nações de Hooke e Vico*. São Paulo: Companhia das Letras. 387p.
- Rudwick, M. J. S. (1987). *El significado de los fósiles*. Trad. Antonio Resines España: Hermann Blume. 347p. (Série Ciencias de la Naturaleza).
- Siquiera, L. M. P. (2018). *Geologia humana*. Recife, PE: Ed. Coqueiro. 77p.
- Teed, R., & Slattery, W. (2011). Changes in Geologic Time understanding in a class for preservice teachers. *Journal of Geoscience Education*, 59(3), 151-162. DOI: <https://doi.org/10.5408/1.3604829>.
- Teixeira, W. (2011). *Tempo geológico: a história da Terra e da vida*. São Paulo: Ed. USP, pp.234-264. (Tópico 11, e-disciplinas USP).
- Thiessen, F. K. (2018). *The evolution of lunar breccias*. Estocolmo, Suécia: Universidade de Estocolmo, Suécia, 09.nov.2018. (Tese Dout. Geologia). 46p. URL: <http://su.diva-portal.org/smash/get/diva2:1249175/FULLTEXT02.pdf>. Acesso 22.05.2023.
- U.S. Geological Survey Geologic Names Committee. (2018). *Divisions of Geologic Time. Major Chronostratigraphic and Geochronologic Units*. Reston, VA: U.S. Geological Survey. USGS Fact Sheet 2018-3054. August 2018. URL: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20183054>. Acesso 10.07.2023.
- Wicander, R., Monroe, J. S. (2010). *Historical Geology: evolution of Earth and Life through time*. 6 ed. Stanford: Cengage Learning. 448p.
- Wolpoff, M. H. (1997). Nossa gangue. In: Brockman, J., & Matson, K. (1997). *As coisas são assim*. Trad. Diogo Meyer e Susana S. Couto. São Paulo: Companhia das Letras. pp. 101-114.
- Zanda, B. (1996). Les meteorites. Le dossier. *Geochronique*, (60), 12-19.
- Zucon, M. H., Sobral, A. C. S., & Dantas, M. A. T. (2011). Escala do tempo geológico e processos de extinção. In: Teodosio, C., & Zucon, M. H. (2011). *Paleontologia Geral*. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD. URL: [https://cesad.ufs.br/ORBI/public/upload/Catalago/11003413042012Paleontologia\\_Geral\\_Aula\\_2.pdf](https://cesad.ufs.br/ORBI/public/upload/Catalago/11003413042012Paleontologia_Geral_Aula_2.pdf). Acesso 14.05.2023.

# Como estão sendo formados em Ciências Naturais aqueles que vão formar?

Patrícia Elisa do Couto Chipoletti Esteves  
Diego Arias Regalía

A condição do ensino das Ciências da Terra e a baixa circulação social desse conhecimento na região e no mundo são objeto de preocupação de profissionais e de estudiosos da Geociências, como mostram vários estudos regionais e internacionais (Arias Regalía, 2021, Laigeo, 2020, Villacorta et al., 2019, Greco & Almberg, 2016, King, 2014). De maneira geral, no Ensino Médio observa-se a ausência de conteúdos sistematizados dessa área e seu gradual deslocamento para o Ensino Fundamental. A baixa presença escolar é reforçada pela ausência, quase total, de professores com formação específica em temas e didática da área.

Na Argentina, por exemplo, o problema da deficiente formação em Geociências (seus conteúdos específicos, suas práticas, sua idiossincrasia e sua didática) afeta também os institutos de formação de professores da escola primária (equivalente ao Ensino Fundamental no Brasil), já que os professores formadores que lecionam Ciências Naturais em tais instituições carecem de formação específica, tanto em Ciências da Terra, como na didática associada (Arias Regalía & Bonan, 2014).

Como consequência, praticamente não há circulação de conhecimentos geocientíficos na escola e, por extensão, na sociedade em geral. Isso conduz a uma condição que afeta o posicionamento ideológico da sociedade por falta de gestão de conceitos da área, acarretando carência de análise crítica de questões relacionadas com recursos naturais, sustentabilidade, riscos geológicos, patrimônio geológico, impactos ambientais etc., e a baixíssima probabilidade de se despertar vocações nos estudantes, devido ao desconhecimento da existência da disciplina e de seu objeto de estudo. A situação, por sua vez, contribui para transmitir a ideia de que as Ciências Naturais são apenas a Física, a Biologia e a Química (e que a epistemologia dessas disciplinas, em particular a da Física, representa o modelo epistemológico geral das Ciências Naturais).

O quadro promove uma visão distorcida da compreensão sistêmica da natureza, que se deve tanto à omissão das Ciências da Terra como integrantes do campo das Ciências Naturais, quanto à confusão entre Geologia e Geografia.

Assim, compreender como são formados os professores que lecionam conteúdos de Ciências Naturais e Ciências da Terra nos anos iniciais da escolarização é essencial para aqueles que defendem a importância de se ensinar conteúdos dessas áreas nos primeiros anos da educação escolar. Em termos mais amplos, tais temas se cruzam a partir das seguintes perguntas: como estão sendo formados aqueles que vão formar? Quais contribuições são possíveis oferecer ao campo da pesquisa educacional? Enfatizamos inicialmente nossa proposta de que os estudantes da Educação Básica tenham contato com conteúdos das ciências desde os primeiros anos da escolarização. Acreditamos que, talvez, não haja quem não faça tal defesa, mas, ao examinar os currículos oficiais, constatamos que os conteúdos não estão sendo priorizados por quem legisla ou quem elabora currículos. As razões para isso escapam aos objetivos deste texto, mas a constatação colabora para entender por que ensinar conteúdos científicos para aqueles que vão formar as crianças não tem sido prioridade nos cursos de formação de professores. Assim, o objetivo deste Capítulo é discutir os conteúdos e as perspectivas das disciplinas de Ciências Naturais e de Ciências da Terra nos cursos de formação de professores do Brasil e da Argentina.

## **Por que ensinar ciências?**

Em uma discussão sobre a formação de professores para o ensino das Ciências Naturais, no geral, e das Ciências da Terra, em particular, é inevitável pensar: Por que ensinar ciências na escola? Para quem (com que modelo de cidadão em mente)? Que Ciências ensinar (quais conteúdos; sob que perspectivas etc.) e, enfim, quais características deve ter a formação desses professores? Em relação à importância de ensinar ciências às crianças, destacamos que, há muito tempo, estudos sobre esse tema têm sido publicados, tanto no Brasil, como no exterior. Por exemplo, no início da década de 1990, Delizoicov afirmou que

(...) é neste período [da Educação Básica] que o educando estará se iniciando ao pensamento científico; e também a grande maioria da população escolarizada terá apenas esta oportunida-

de para se apropriar de maneira sistemática de conhecimentos científicos (Delizoicov, 1991, p. 1-2).

Em 1998, Fumagalli defendeu o ensino de ciências a partir de três argumentos:

(...) a) o direito das crianças de aprender ciências; b) o dever social obrigatório da escola fundamental, como sistema escolar, de distribuir conhecimentos científicos ao conjunto da população, e c) o valor social do conhecimento científico (Fumagalli, 1998, p. 15).

Com argumentos semelhantes, Studart (2011) afirmou que a escola fundamental tem o dever social de colocar a criança e o adolescente em contato com uma forma particular de conhecimento, o conhecimento científico. No mesmo sentido, Delizoicov (1991) defendeu que

(...) da mesma forma que as outras áreas, o conhecimento científico que será abordado nas escolas de 1º e 2º graus deverá ter como uma de suas atribuições a de fornecer instrumentos ao educando para a compreensão e atuação na realidade, entendida tanto no contexto das relações sociais que também a determinam, quanto no contexto dos fenômenos naturais e da sociedade tecnológica em que vivemos. (p. 2).

Estudiosos que analisam os currículos dos níveis básicos de ensino afirmam que algumas áreas possuem um papel político e ideológico para a formação das novas gerações. Nesses casos, as áreas mais lembradas são a língua nacional, a História e a Geografia. Além disso, defendemos a inclusão das Ciências, pois acreditamos que essa área possui elementos-chave para a formação das novas gerações. Por outro lado, sabemos que há desafios ao se tentar definir o que ensinar, pois o conhecimento científico é circunstancial e histórico, ou seja, em cada momento é preciso considerar diferentes modelos, suas implicações e os desafios sociais, econômicos, culturais e tecnológicos postos por cada modelo. Todos os temas científicos controversos são bons exemplos desses desafios (por exemplo, mudança climática, bioengenharia, extinção em massa de espécies, disseminação de doenças e diversidade biológica). Tal questão se torna ainda mais complicada quando se considera que muitos desses temas demandam decisões políticas (Esteves, 2015).

Sob perspectiva mais ampla, pode-se dizer que vivemos em um mundo em que os impactos da ciência e da tecnologia (riscos e bene-

fícios) estão desigualmente distribuídos e as discussões entre as pessoas estão carregadas de informações científicas e técnicas. Discute-se a problemática do meio ambiente; da política econômica; da saúde pública etc., sendo necessária a alfabetização científica para a formação de cidadãos que possam participar da reflexão crítica sobre os problemas científico-tecnológicos, sem tornar invisíveis as redes de interesses e atores envolvidos, para que as decisões relacionadas a esses tipos de problemas não fiquem apenas nas mãos de especialistas e tecnocratas (Massarini & Schnek, 2015).

Tedesco (2014) situa a alfabetização científica na perspectiva da justiça social, ou seja, é um dos elementos que a educação deve desenvolver para que se possa enfrentar a exclusão e a desigualdade social, entendendo-se que isso é formação cidadã, democracia cognitiva e participação séria e responsável para a tomada de decisão. Faz-se necessário, portanto, que a problemática dos significados ou propósitos da ação educativa ocupe um lugar central nas discussões sobre a agenda de políticas e estratégias educacionais. Tedesco (2014) insiste em que o resultado das discussões não depende da lógica técnico-científica, mas de posicionamentos ético-políticos: quando se trata de definir a orientação das ações sociais, são colocadas em jogo as escalas de valores e princípios éticos que se refletem neles. Uma escola democrática exige a formação de professores para enfrentar as desigualdades sociais; o acesso desigual aos bens culturais dos estudantes e o conformismo diante da injustiça que marca a sociedade (Sicca et al., 2017).

É importante recorrer, ainda, a um outro argumento em defesa do ensino de ciências. Autores como Zoller & Scholz (2004) correlacionaram os estudos sistêmicos com o desenvolvimento de habilidades cognitivas das crianças, ou seja, esses autores associam os estudos de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) ao esforço para desenvolver habilidades cognitivas de ordem mais alta (HOCS) nas crianças e jovens. O argumento de Zoller & Scholz (2004) em favor das ciências ambientais e suas implicações para diminuir as fronteiras disciplinares e buscar os elementos multidimensionais da CTSA traz para o centro do debate as HOCS (Esteves, 2015).

A pesquisa na literatura especializada oferece oportunidade para conhecer outra vertente de argumentos, não menos importante, na defesa do ensino de ciências: a alfabetização em Geociências. King (2008) traçou um quadro abrangente dos problemas e das possibilidades

que o ensino dessa área oferece. Resumidamente, o autor sugere que a alfabetização está relacionada à familiaridade e à tomada de consciência do indivíduo em relação às transformações materiais que ocorrem nos sistemas terrestres: o autor descreve atividades práticas de laboratório e campo e apresenta as habilidades cognitivas vinculadas a cada uma delas, bem como suas diferenças em relação às atividades comuns de sala de aula. Lacreu (2009) também argumenta sobre a necessidade de se desenvolver a alfabetização em Geociências para as próximas gerações, porém, além de considerar que esse é um elemento fundamental para a construção da cidadania do século XXI, explica que tais estudos propiciam, ao mesmo tempo, um entendimento ambiental e o desenvolvimento de habilidades cognitivas. De acordo com Lacreu (2009), não permitir que os cidadãos compreendam como fenômenos terrestres funcionam (terremotos, enchentes, escorregamentos, clima etc.) corresponde a naturalizá-los, ou seja, tornar naturais os efeitos das relações adversas de natureza e sociedade (Esteves, 2015).

Se, por um lado, a literatura contém argumentos consistentes em torno da defesa do ensino de temas comuns às ciências, o como e o que ensinar também têm sido considerados por muitos estudiosos da educação. Gray (2014), por exemplo, propõe que o modo como as crianças e os jovens vão conceber a atividade científica depende das diferenças entre como eles denominam as ciências experimentais e as ciências históricas. O autor argumenta que as ciências experimentais (p. ex. a Química) trabalham com experimentos diretos que são realizados para compreender os fenômenos naturais. Assim, frequentemente, o conhecimento é construído por meio de experimentos controlados de fenômenos manipulados e que correspondem a testes de hipóteses: trata-se do método de construção da evidência. Raramente essas atividades de ensino tratam de particularidades do lugar e do tempo para refletir sobre um processo.

Seguindo Frodeman (2010), pode-se dizer que o interesse despertado por uma reação química, por exemplo, não passa pela compreensão das condições históricas específicas que a afetaram em particular, mas sim pela abstração de uma generalização aplicável a toda uma classe de reações semelhantes, em alguma medida. Uma reação química particular é, portanto, um exemplo de uma lei ou princípio geral. No entanto, na Geologia, como nas demais ciências históricas, mencionadas por Hull (1976), a principal preocupação do pesquisador é justamente estabelecer

as circunstâncias causais específicas que circundam o evento particular, objeto ou entidade de estudo, já que cada momento da história da Terra é único e irreversível (Zen, 2001).

Com base nos procedimentos metodológicos e no espaço destinado para se construir o conhecimento científico, Frodeman (2004) discutiu as diferenças entre os campos das ciências. Dessa forma, o laboratório é, por definição, um espaço irreal – argumentou. As condições são parametrizadas, os objetos são limitados e os materiais são purificados. O espaço do laboratório é utópico; é um lugar separado do resto do mundo e não faz diferença em qual lugar do mundo você se encontra. Mas não é somente o espaço que é idealizado, o tempo também é, uma vez que esse tempo é aquele necessário para rodar um experimento. Os argumentos de Frodeman (2004) ajudam a entender como o laboratório elimina a história; o não reprodutível; o fluxo de eventos. Nesse sentido, o trabalho de Gray (2014) colabora para que se perceba a importância das ciências históricas, pois esse campo do conhecimento ajuda a construir explicações causais sobre fenômenos únicos e singulares do Planeta Terra, ou seja, as ciências históricas possibilitam criar um pensamento reconstrutivo de determinados eventos planetários, obtido por meio de métodos comparativos para, em seguida, prever causas e efeitos de fenômenos achados. Isso porque as ciências históricas trabalham com argumentos que envolvem escalas de tempo muito diversificadas. De certo modo, Frodeman (2010) acompanhou Potapova (2008): ambos evidenciaram o caráter temporal e histórico, interpretativo, narrativo e sistêmico dos estudos que buscam unificar o entendimento de nossa relação com a Terra. Ou, como Frodeman (2004) reivindica: uma disciplina que conduz ao *logos* completo do planeta, ou seja, o que os gregos denominavam Gaia; um campo capaz de sintetizar os estudos da Terra com a poesia e a escrita da natureza. Entrelaçar esses modos de pensar o planeta conduz a diversas implicações geopolíticas devido aos tópicos que aborda, tais como, poluição, mudança climática etc.

O significado desses estudos e as implicações dessa abrangência temporal foram tratados por Cervato & Frodeman (2012), que assinalaram o quanto mudam as perspectivas econômicas, políticas e culturais quando trazemos para o centro do debate as escalas de tempo de dezenas de milhares de anos. Assim é que, por exemplo, o preço dos cereais pode ser considerado a partir de variáveis novas quando se leva em conta a taxa de perda de solo em intervalos de tempo de algumas

gerações, ou seja, se começarmos a refletir sobre o tempo da natureza (Esteves, 2015).

Nesse sentido, pode-se dizer que as várias magnitudes temporais em Geociências oferecem a possibilidade de enquadrar as vidas humanas, processos sócio-político-econômicos, decisões ambientais ou visões sobre a paisagem, entre outras coisas, a partir de uma nova perspectiva de tempo, a qual é mais adequada para compreender os desafios econômicos e ambientais que o mundo moderno enfrenta. Frodeman (2010) destaca que para desenvolver modelos adequados de sustentabilidade no planeta é fundamental uma perspectiva geológica temporal que permita enquadrar questões como as mudanças climáticas, o consumo de recursos ou a perda da biodiversidade (Cervato & Frodeman, 2012).

A sociedade humana depende de elementos naturais que se formaram ao longo de imensos períodos de tempo, em condições difíceis ou impossíveis de se reproduzir (fontes de energia, materiais de construção, aquíferos, ar respirável etc.). Segundo Zen (2001), o arcabouço oferecido pelo tempo profundo permite calibrar as taxas dos processos naturais e, portanto, entender que a capacidade do planeta de regenerar os recursos necessários à vida possui tempos característicos de ordem muito mais longa do que as taxas daqueles que são consumidos (cenário que se agrava quando se levam em consideração as projeções que indicam que as taxas de consumo de recursos continuarão aumentando no futuro). Ele também aponta que as taxas de mudança ambiental e do ecossistema são, atualmente, influenciadas, pelo menos parcialmente, pela escala de tempo humana: décadas ou séculos, em vez de milhões de anos. Segundo esse autor, é necessário que quem planeja ou decide sobre o uso dos recursos compreenda essas escalas tão distintas, se o objetivo for um futuro sustentável.

Portanto, é de suma importância abordar tais questões na rede de ensino, a fim de promover a conscientização sobre as implicações das políticas públicas, principalmente com os alunos que não seguirão carreiras relacionadas às Geociências, para informá-los e prepará-los para a vida.

Chegados a esse ponto de nossas reflexões, é possível afirmar que, isoladamente, as disciplinas científicas ensinadas na escola não são capazes de oferecer uma visão integrada do Planeta Terra. Encontrar soluções para os desafios atualmente impostos à humanidade requer uma visão integrada e sistêmica do Planeta e, nesse sentido, poderíamos

invocar eventos recentes, como as migrações em massa que têm feito milhares de pessoas abandonarem seus países em busca de segurança alimentar, econômica e política, ou, talvez, os preços de produtos agrícolas que consideram a lógica do mercado internacional em detrimento das condições de produção e consumo dos países mais pobres. Certamente, essas e outras questões mundiais nos incitam a refletir sobre as questões econômicas, territoriais e políticas de forma global e integrada, mas, sem dúvida, a pandemia da Covid-19, causada pelo SARS-CoV-2 é, talvez, o evento contemporâneo mais impactante e desafiador que a humanidade tem experimentado, pois temos sido forçados a considerar o impacto que uma condição potencialmente adversa, inicialmente local, teve para modificar o panorama social, político, comercial e de saúde pública de todo o globo.

Consideramos, assim, que essas ideias oferecem subsídios para que defendamos a contribuição ímpar das Geociências, pois, de fato, essa área contém em seu bojo a seguinte marca: enquanto humanidade, para sabermos como chegamos até aqui e as possibilidades que temos para avançar, é necessário compreender o planeta em termos históricos e sistêmicos. De forma mais clara, os argumentos apresentados colaboraram para que invoquemos os autores ligados ao ensino das Geociências. Entre eles, Lacreu (2009) e Órion (2009) têm discutido a importância de os currículos da Educação Básica contemplarem temas relacionados aos sistemas terrestres – hidrosfera, geosfera, atmosfera e biosfera – como forma de auxiliar os alunos a pensarem de maneira sistêmica e ambientalmente sustentável, o que, em muitos casos, pode contribuir para que possam resolver problemas ambientais locais, regionais e globais (Esteves, 2015).

## **Como são formados os professores brasileiros e argentinos?**

Retomamos a questão proposta inicialmente – como estão sendo formados aqueles que vão formar? – para explicar que, desde 2014, viemos investigando o que aprendem os professores que vão ensinar temas relacionados às Geociências. No caso do Brasil é preciso considerar que os currículos oficiais da Educação Básica não contemplam uma disciplina denominada Geociências. Tais temas são ensinados, na maioria das vezes, nas disciplinas de Ciências Naturais e Geografia. Além disso, muitos professores são formados em cursos de Pedagogia, pois a legislação vigente (Brasil, 2006, 2019) confere

aos egressos a autorização para ensinar conteúdos de diversas áreas do conhecimento, como “Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, História, Geografia, Artes, Educação Física, de forma interdisciplinar e adequada às diferentes fases do desenvolvimento humano” (Brasil, 2006). Mas, além da docência, os profissionais formados nesse curso podem atuar em diversas outras áreas, como avaliação, planejamento e coordenação de ensino em instituições escolares; administração, inspeção e orientação educacional em ambientes escolares, empresas, organizações não governamentais, hospitais, museus, só para citar algumas.

Por outro lado, desde sua criação, os cursos de Pedagogia têm estado no centro de vários debates que envolvem discentes, docentes, pesquisadores e legisladores. No caso desses últimos, as tensões podem ser percebidas por meio de documentos oficiais norteadores da estrutura e funcionamento do curso, como pareceres e decretos, por exemplo, que foram baixados e em seguida revogados ou modificados (Silva, 2011). Por outro lado, as questões referentes às funções do curso estão na base daquilo que Silva (2006) chama de identidade do curso:

[...] A expressão questão de identidade está sendo entendida [...] como a referente às constantes interrogações e questionamentos verificados na história do referido curso quanto à pertinência das funções que lhe têm sido atribuídas, bem como à referente aos contínuos conflitos surgidos quando das tentativas de reequacionamento de suas funções. (p. 2).

Destacamos, ainda, que os debates em torno do curso de Pedagogia estão centrados nas próprias legislações que regulamentam seu funcionamento, pois diante de um leque tão extenso de possibilidades formativas, seria de se esperar que esses documentos legais prescrevessem uma organização curricular e um tempo de formação capazes de dar suporte aos futuros profissionais, ainda que, em 2019, o Ministério da Educação do Brasil tenha promulgado as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica, documento mais diretivo que as DCN de 2006 (Brasil, 2006, 2019).

Historicamente, as DCN de 2006 (Brasil, 2006) se tornaram foco de críticas e tensões entre os estudiosos da área, que entendem serem elas as responsáveis pela descaracterização do curso, com consequências relevantes para a formação dos professores. De acordo com Gatti e Barreto (2009):

A complexidade curricular exigida para esse curso [de Pedagogia] é grande, notando-se também, pelas orientações da resolução citada, a dispersão disciplinar que se impõe, em função do tempo de duração do curso e sua carga horária, dado que ele deverá propiciar “a aplicação ao campo da educação, de contribuições, entre outras, de conhecimentos como o filosófico, o histórico, o antropológico, o ambiental-ecológico, o psicológico, o linguístico, o sociológico, o político, o econômico, o cultural”, e englobar todos os aspectos previstos pelo artigo 4.º, parágrafo único, da referida resolução. [...] Estas postulações criaram tensões para o desenvolvimento curricular desses cursos, ainda não bem equacionadas. Enfeixar todas essas orientações em uma matriz curricular, especialmente para os cursos noturnos onde se encontra a maioria dos alunos, não é tarefa fácil, e está conduzindo a algumas simplificações que podem afetar o perfil dos formados (p. 49, 50).

Scheibe & Durlí (2011) indicam o teor, ao mesmo tempo evasivo e flexível dessas DCN:

[...] na explicitação dos objetivos, das habilidades a serem desenvolvidas, na delimitação do campo de atuação e na forma de organização curricular preconizada, encontramos indicativos de qual conhecimentos/conteúdos devam compor a matriz curricular, mesmo que estes não estejam claramente enunciados ao longo do documento das Diretrizes Curriculares. Essa condição, que permite certa autonomia e flexibilização na definição dos componentes curriculares na formação, pode também dificultar a constituição de uma identidade nacional dos cursos. (p. 44).

Chama a atenção, ainda, que esse extenso campo formativo pode ficar restrito às 3.200 horas mínimas exigidas para a integralização dos estudos. Considera-se ainda que, da carga horária total, 400 horas, devem ser destinadas ao estágio supervisionado. Assim, as 2.800 horas restantes devem ser reservadas para aulas, práticas pedagógicas, realização de seminários, pesquisas, consultas a bibliotecas ou outras atividades de caráter formativo. Ou seja, a quantidade de horas destinadas às discussões de assuntos relacionados às Ciências Naturais e às Ciências da Terra são definidas de acordo com a intencionalidade de cada Instituição de Ensino Superior (IES). Essa flexibilidade permite às IES distribuir, nas disciplinas científicas, um rol de conteúdo multifacetados. Isso ajuda a entender por que não é possível garantir um mínimo de uniformidade na formação desses profissionais.

Feitas essas considerações, explicamos que no ano de 2013 publicamos os resultados do inventário realizado em disciplinas de Ciências da Terra dos cursos presenciais de Pedagogia do Estado de São Paulo (Esteves & Gonçalves, 2013) e, em 2015, divulgamos os resultados de investigação realizada nas disciplinas de Ciências Naturais dos cursos presenciais de Pedagogia, do mesmo Estado (Esteves, 2015). O presente Capítulo não comporta explicar como foi o delineamento dos trabalhos, nem discutir todos os resultados, mas é possível informar que foram estudos documentais (Laville & Dionne, 1999), realizados em ementas, programas de ensino e grades. O acesso aos cursos ocorreu por meio da página eletrônica do Ministério da Educação (MEC, e-mec.gov.br), que concentra os dados de todas as IES e cursos superiores cadastrados no Brasil (Brasil, 2012). Na página obtivemos a identificação dos cursos e das IES, como, por exemplo, organização acadêmica (universidade; centro universitário; instituto; faculdade) e categoria administrativa (pública federal, pública estadual, pública municipal ou privada). A partir dos endereços eletrônicos obtidos no e-Mec, acessamos os *sites* das IES e buscamos coletar as seguintes informações dos cursos: gratuidade, carga horária, grade, ementa e horário de funcionamento. Os resultados das buscas foram cruzados com dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional do Estado de São Paulo (SEADE, 2012). A página eletrônica contém informações sobre as Regiões do Estado, o que para nós foi e tem sido importante, pois podemos concentrar as análises, por exemplo, em determinadas Regiões do Estado.

Os resultados divulgados por nós em 2015 (Esteves, 2015) mostraram que no Estado de São Paulo havia 396 cursos presenciais e ativos de Pedagogia, sendo 371 (93,7%) pertencentes a IES privadas e somente 25 (6,3%) a IES públicas. Os resultados sobre as IES privadas indicaram uma tendência nacional, pois já haviam sido apontados por Gatti & Nunes (2009). Além disso, adaptamos de tais autoras a nomenclatura utilizada para agrupar as disciplinas em três categorias, uma vez que havia um rol muito diversificado de títulos. Nos 396 cursos, localizamos um número superior a 678 disciplinas da área de Ciências Naturais, porém, como a denominação de algumas não fornecia elementos distintivos, classificamos 678. Dessas, 344 (51%) foram classificadas como sendo de *Fundamentação, Metodologia, Prática e Teorias de Ensino*;

327 (48%) foram classificadas no grupo das que procuram responder às *Questões Educacionais Contemporâneas*. Em relação às disciplinas que tratam de *Conteúdos Específicos de Ciências Naturais a serem Ensinados pelos Professores*, só localizamos sete (1%) disciplinas em todo o Estado. Constatamos, também, que as disciplinas dos cursos administrados por grupos educacionais privados possuem a mesma grade curricular em todo o Estado. Identificamos, ainda, uma universidade privada na Região Administrativa de Campinas que não oferecia qualquer disciplina da área de Ciências Naturais e, na Região Administrativa de Sorocaba, uma faculdade privada oferecia somente uma “atividade complementar” de Educação e Meio Ambiente.

A partir do ano de 2019, começamos a atualizar o inventário, utilizando os mesmos mecanismos de busca, mas neste texto não será possível apresentar todos os resultados em função da grande quantidade de cursos e disciplinas investigadas. Por conta disso, focaremos a análise na Região Administrativa de Campinas, que concentra 55 cursos de Pedagogia, distribuídos em 11 Universidades, 15 Centros Universitários e 29 Faculdades. Dessas IES, duas são públicas estaduais; duas são públicas municipais e 51 são privadas. Há somente dois cursos gratuitos na região, ambos pertencentes às IES públicas estaduais.

Para a análise das disciplinas, utilizamos as mesmas categorias dos inventários anteriores (Esteves & Gonçalves, 2013, Esteves, 2015) acrescentando, porém, uma nova categoria – *Conteúdos específicos de Geografia a serem ensinados pelos professores* – pois nos interessava, nessa atualização, investigar aspectos relacionados aos conteúdos de Ciências da Terra, título que não é utilizado pelas IES, e tem seus conteúdos adotados, ao invés, pela Geografia. A Tabela 1 contém os resultados.

É importante acrescentar, ainda, que no caso das 69 disciplinas da área de Ciências Naturais, dez são optativas, ou seja, não há garantia de que os estudantes irão cursá-las. Além disso, na página eletrônica de dez cursos não havia informações a respeito das disciplinas oferecidas. No caso das disciplinas de Ciências da Terra, da mesma forma, identificamos nove cursos que não divulgaram informações; quatro cursos não oferecem nenhuma disciplina dessa área e, ainda, entre as 47 disciplinas identificadas, 43 são destinadas aos conteúdos de Geografia e História.

No caso da Argentina, a escassa presença de conteúdos de Ciências da Terra no ensino secundário (equivalente ao Ensino Médio do Brasil) tem correlação com a formação de professores do nível intermediário,

Tabela 1. Análise das disciplinas

Categorias de Disciplinas	Quantidade de Disciplinas	
	Ciências Naturais	Geografia
Fundamentação, metodologia, prática e teorias de ensino.	48	47
Questões educacionais contemporâneas.	20	
Conteúdos específicos de Ciências Naturais a serem ensinados pelos professores.	0	-
Conteúdos específicos de Geografia a serem ensinados pelos professores.	-	0
Outros temas.	1	0
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>47</b>

visto que não há ofertas significativas de formação na área e não há, na grade escolar das habilitações pedagógicas, menção a uma licenciatura específica em Ciências da Terra (ou uma das disciplinas que a constituem, como Geologia ou Ciências Atmosféricas). Por exemplo, na província de Buenos Aires, no nível secundário de ensino, conteúdos de Ciências da Terra existem no itinerário de Ciências Naturais e quem tem habilitação para lecioná-los são os professores de Biologia e Geografia. Parece improvável que essa situação mude no médio prazo, embora existam propostas de uma formação generalista em Ciências da Terra, incorporando, por exemplo, uma disciplina introdutória no núcleo comum dos demais itinerários do ensino secundário (AFAG, 2014), ou seja, acrescentar uma disciplina em um único ano e, provavelmente, não mais do que duas horas semanais, o que, sem dúvida, não favorecerá o aparecimento de professores específicos. Atualmente, existe uma disciplina introdutória às Ciências da Terra para a formação de professores de Biologia, mas existem apenas três instituições que oferecem formação específica para o ensino de Geociências ou Geologia, em todo o país.

No caso dos professores primários argentinos, embora a maioria dos projetos curriculares para formação de professores da educação básica proponha trabalhar conteúdos da área, isso, normalmente, não se reflete nas contratações dos professores formadores. Na cidade de Buenos Aires (ou similares nas diferentes jurisdições do país), um

levantamento realizado em todos os concursos de 2017 e 2018 (Arias Regalía, 2021) mostrou que não havia necessidade de treinamento na área para o acesso a essas cadeiras. Assim, o problema da falta de formação em Geociências (seus conteúdos específicos, suas práticas, sua idiossincrasia e sua didática) atinge, também, os próprios institutos de formação de professores primários, onde a maioria dos professores da área de Ciências Naturais carece, por sua vez, de formação específica em Ciências da Terra e sua didática associada (Arias Regalía, 2021, Arias Regalía & Bonan, 2014).

Os novos resultados, somados aos trabalhos anteriores (Esteves & Gonçalves, 2013, Esteves, 2015), demonstram a falta de prestígio que legisladores e instituições de ensino superior conferem à formação dos profissionais que terão a responsabilidade de contribuir para a educação escolar das futuras gerações.

## Considerações Finais

O que foi exposto sobre a formação de professores, tanto no Brasil quanto na Argentina, pode ser resumido brevemente, enfatizando os elementos centrais da discussão: a baixa presença de conteúdos geocientíficos na Educação Básica está correlacionada à escassa oferta desses conteúdos na formação de professores, quer por meio de cursos específicos, quer pela inclusão dos conteúdos no currículo da formação geral de professores. Isso se acentua porque as próprias instituições de formação de professores oferecem menos opções na área de ensino de Geociências, ou não incluem esse viés na contratação dos professores que ministrarão os cursos de formação.

É importante destacar que a discussão apresentada tem como foco a formação de professores no âmbito oficial. Tanto no Brasil quanto na Argentina existem instituições (universidades, associações profissionais, ONG) que oferecem bibliografia, atividades e cursos para a formação continuada. A participação dos professores nesses cursos e atividades é numerosa e entusiástica, evidenciando que eles estão cientes das deficiências que a formação apresenta e querem mudar a situação. De qualquer forma, essas opções atingem um número muito limitado de professores e dependem de sua participação voluntária. É por isso que, embora seja importante a existência de alternativas fora do sistema formal, o que nos preocupa é a forma como é encarada a formação inicial de professores. O panorama apresentado aqui serve como diagnóstico,

cujo objetivo é explicitar alguns elementos críticos que devem ser levados em consideração, tanto por quem elabora os currículos, quanto por quem dirige as instituições de formação de professores. Entretanto, é a comunidade de professores e estudiosos do ensino das Ciências da Terra que estão à procura de opções e procuram oferecer contribuições no sentido de melhorar a formação docente na área; aumentar a presença escolar das Geociências e a circulação do conhecimento social das Ciências da Terra.

Além disso, é importante destacar que a compreensão dos problemas reais contemporâneos requer perspectivas não reducionistas e visões que não sejam exclusivamente disciplinares, o que não contribui para o entendimento da complexidade desses problemas. Vivemos em um mundo em que os impactos da ciência e da tecnologia (riscos e benefícios) são desigualmente distribuídos. Existe um consenso amplo na comunidade de estudiosos das Ciências Naturais sobre a necessidade de alfabetização científica para a formação da cidadania que permita a reflexão crítica sobre os problemas científico-tecnológicos, ambientais, mudanças climáticas, consumo de recursos, conservação de aquíferos ou a perda de biodiversidade, entre outras coisas, a partir de uma perspectiva que não exclua as implicações sociais dos impactos gerados pela ciência e pela tecnologia. E, claro, precisamos pensar na formação de professores que possam levar essas questões para a sala de aula.

## Referências

- Arias Regalía, D. (2021). *La enseñanza de las ciencias de la Tierra: perspectivas y aportes para la formación docente*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. [Tesis de doctorado, URL: [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n6825\\_AriasRegalia.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6825_AriasRegalia.pdf). Acesso 06.06.2023.
- Arias Regalía, D., & Bonan, L. (2014). Relevamiento de los contenidos curriculares de ciencias de la Tierra en la formación de profesores de primaria de la Ciudad de Buenos Aires. *Terræ Didactica*, 10(4), 455-460. doi: <https://doi.org/10.20396/td.v14i4.8653826>.
- Asociación de Facultades Argentinas con carreras de Geología [AFAG] (2014). *Propuesta tentativa de NAP de Geociencias*. AFAG URL: <https://geocien.wixsite.com/geociencias/about>. Acesso 06.06.2023.
- Brasil. (2006). Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2006). *Resolução CNE/CP n. 1, de 15 de maio de 2006. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Pedagogia, Licenciatura*. Brasília: MEC/CNE.
- Brasil. Ministério da Educação. (2012). *Cadastro da Educação Superior*. Brasília: MEC, e-Mec. URL: <http://emec.mec.gov.br/>. Acesso 16 fev. 2012.

- Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. (2019). *Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNCC-Formação)*. Brasília: MEC. URL: file:///C:/Users/patri/Desktop/Meus%20Documentos/Artigos%20e%20teses/Curso%20Pedagogia/Legisla%C3%A7%C3%A3o/MEC%20-%20Nova%20DCN%20forma%C3%A7%C3%A3o%20inicial%20professores%20CNE\_RES\_CNECPN22019.pdf.
- Cervato, C., & Frodeman, R. (2012). The significance of geologic time: Cultural, educational, and economic frameworks. In: Kastens, K., & Manduca, C. (ed.). (2012). *Earth and Mind II: A Synthesis of Research on Thinking and Learning in the Geosciences*. Geological Society of America Special Paper, 486, 19-27.
- Delizoicov, D. (2008). La Educación en Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. Alexandria. Florianópolis, SC. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(2), 37-62.
- Esteves, P. E. C. C. (2015). *O Ensino de Ciências Naturais no Curso de Pedagogia: dilemas que emergem de Estudos de Caso*. Campinas, SP: Progr. Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas. (Tese Dout.). doi: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2015.965206>.
- Esteves, P. E. C. C., & Gonçalves, P. W. (2013). Os Cursos de Pedagogia do Estado de São Paulo e os Professores de Ciências Naturais. *IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Águas de Lindóia, SP.
- Frodeman, R. (2004). Philosophy in the Field. In: Foltz, B. V., & Frodeman, R. (Eds.). (2004). *Rethinking Nature: essays in environmental philosophy*. Bloomington: Indiana University Press. p. 149-164.
- Frodeman, R. (2010). O Raciocínio Geológico: a Geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terræ Didática*, 6(2), 85-99.
- Fumagalli, L. (1998). O Ensino das Ciências Naturais no Nível Fundamental da Educação Formal: argumentos a seu favor. In: Weissmann, H. (Org.). (1998). *Didática das Ciências Naturais*. Porto Alegre, RS: Artmed. Cap. 1.
- Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados [SEADE]. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional do Estado de São Paulo. (2011). *SP Demográfico: Resenha de Estatísticas Vitais do Estado de São Paulo*, ano 11, n. 1, jan., 2011. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados URL: <http://produtos.seade.gov.br/produtos/spdemog/index.php?tip=32m1>. Acesso 07.07.2023.
- Gatti, B.A. & Nunes, M.M.R. (2009). *Formação de Professores para o Ensino Fundamental: estudo em currículos das licenciaturas em Pedagogia, Língua Portuguesa, Matemática e Ciências Biológicas*. São Paulo, SP: Fundação Carlos Chagas. Departamento de Pesquisas Educacionais, v. 29.
- Gatti, B.A., & Barretto, E. S. S. (2009). *Professores do Brasil: impasses e desafios*. Brasília, DF: Unesco.
- Gray, R. (2014). The Distinction Between Experimental and Historical

- Sciences as a Framework for Improving Classroom Inquiry. *Science Education*, 98(2), 327-341.
- Greco, R y Almborg, L. (Ed) (2016). *Earth Science Education: global perspectives*. Pouso Alegre: Inst. Federal Sul de Minas.
- Hull, D. (1976). Central subjects and historical narratives. *History and Theory*, 14, 253-274.
- International Geoscience Education Organisation Latinoamérica [Laigeo] (2020). *Promover una educación en ciencias de la tierra para todos y de calidad en bien de nuestras naciones*. URL: <https://laigeo.cloudaccess.host/destacados/158-carta-abierta-de-laigeo-a-las-autoridades-y-publico-en-general.html>
- King, C. (2008). Geoscience Education: an overview. *Studies in Science Education*, 44(2), 187-222.
- King, C. (2014). Using research to promote action in Earth science professional development for teachers. In: Tong, V. (Ed) (2014). *Geoscience research and outreach*. Innovations in Science Education and Technology, v. 21. Springer.
- Lacru, H.L. (2009). *Importancia para el Mejoramiento de la Enseñanza de Ciencias de la Tierra para el Nivel Básico..., y las dificultades para Lograrlo*. In: II Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra e IV Simpósio Nacional O Ensino de Geologia no Brasil, 2009. São Paulo, SP, 753-761.
- Laville, C., & Dionne, J. (1999). *A Construção do Saber*. Porto Alegre, RS: Artmed / Belo Horizonte, Editora UFMG.
- Massarini, A., & Schnek, A. (2015). *Ciencia entre todxs. Tecnociencia en contexto social. Una propuesta de enseñanza*. Paidós.
- Orion, N. (2009). *Learning Progression of System Thinking Skills from K-12 in Context of Earth Systems*. In: II Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra e IV Simpósio Nacional O Ensino de Geologia no Brasil, 2009. São Paulo, SP, 722-741.
- Potapova, M.S. (2008). Geologia como uma Ciência Histórica da Natureza. *Terra Didática*, 3(1), 86-90. doi: <https://doi.org/10.20396/td.v3i1.8637480>.
- Scheibe, L & Durlí, Z. A. (2011). Curso de Pedagogia no Brasil: olhando o passado, compreendendo o presente. *Educação em Foco*, 14(17), 79-109. doi: <https://doi.org/10.24934/cef.v14i17.104>.
- Sicca, N., Gonçalves, P. W., & Fernandes, M. C. S. G. (2017). O papel do professor na gestão democrática: a construção do currículo voltado para justiça social em Torres, J. C., Oliveira, M. E. N., & David, A. (2017). *Política e gestão educacional. Questões contemporâneas em debate*. Curitiba: Appris. 199p.
- Silva, C. S. B. da. (2006). *Curso de Pedagogia no Brasil: história e identidade*. 3 ed. Campinas, SP: Autores Associados.
- Silva, C. S. B. da. (2011). Curso de Pedagogia no Brasil: uma questão em aberto. In: Pimenta, S.G. (Org.). *Pedagogia e Pedagogos: caminhos e perspectivas*. 3 ed. São Paulo, SP: Cortez., Cap. 4, 131-154.
- Studart, N. Prefácio. In: Arce, A., Silva, D. A. S. M., & Varotto, M. (2011). *Ensinando Ciências na Educação Infantil*. Campinas, SP: Alínea Editora.

- Tedesco, J.C. (2014). *Educación y desigualdad en América Latina y el Caribe: aportes para la agenda post-2015*. Santiago de Chile, UNESCO-OREALC.
- Villacorta, S., Sellés-Martínez, J., Greco, R., Oliveira, A., Castillo, A., Arias Regalía, D. (2019). LAIGEO y su contribución a la mejora de la enseñanza y difusión de las geociencias en América Latina y Caribe: actividades realizadas y proyectos futuros. *Serie Correlación Geológica*, 35(2), 67-76.
- Zen, E. (2001). What is deep time and why should anyone care? *Journal of Geoscience Education*, 49(1), 5-9.
- Zoller, U. & Scholz, R.W. (2004). The HOCS paradigm shift: from disciplinary knowledge (LOCS) to interdisciplinary evaluative, system thinking (HOCS): what should it take in science–technology–environment–society oriented courses, curricula and assessment? *Water, Science and Technology*, 49(8), 27-36.

# Educação em Ciência do Sistema Terra na formação de professores

Joseli Maria Piranha  
Denise de La Corte Bacchi  
Eliane Aparecida Del Lama

As questões ambientais incluem-se entre os temas contemporâneos que mais exigem abordagem interdisciplinar, contemplando uma nova articulação das conexões entre as ciências da natureza e as ciências sociais. Um dos objetivos fundamentais da Educação Ambiental é 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.

As perspectivas disciplinares são importantes, mas, em última análise, o conhecimento interdisciplinar e a compreensão sistêmica são mais propensos a levar a soluções úteis que fazem sentido para os tomadores de decisão. Dada a complexidade, muitos de nós na academia trabalham no campo emergente da ciência da sustentabilidade e exigem programas de pesquisa interdisciplinares, colaborativos e orientados para soluções. Também observamos o papel crucial para novos programas educacionais que desenvolvem lideranças em sustentabilidade e que reconhecem sistemas complexos (Matson, 2019 p. vii, trad. dos autores).

A formação inicial e continuada de professores da educação básica deve promover e potencializar ações de Educação Ambiental e Aprendizagem Social no ambiente escolar. Nesse contexto, diversas experiências têm sido desenvolvidas e oportunidades têm sido buscadas na promoção do diálogo entre as Ciências da Terra e a Educação Ambiental, por meio de desenvolvimento de projetos de caráter interdisciplinar, na ação conjunta de universidades e escolas.

As práticas pedagógicas utilizadas na formação de professores estão embasadas em colaboração, participação, engajamento e protagonismo, e nelas os participantes são capazes de coletar dados, observar o contexto social em que a escola está inserida, analisar referenciais teóricos

adequados ao desenvolvimento de projetos voltados às necessidades da escola e da comunidade, e refletir com base na realidade local.

Nas escolas, as ações educativas abrangem estudantes de diferentes níveis de ensino da educação básica, proporcionando ampla discussão dos temas curriculares e do cotidiano, a partir da visão integrada e sistêmica do planeta. Nos projetos escolares, a Educação Ambiental é entendida como processo de aprendizagem permanente, que valoriza as mais diversas formas de conhecimento e visa formar cidadãos com consciência local e planetária.

Na formação inicial de professores, os estágios supervisionados, programas como o PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência e o Residência Pedagógica, projetos extracurriculares e de extensão universitária, como o *Aprender na Comunidade*, um programa da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo, auxiliam na aproximação entre a universidade e a escola, proporcionando espaços de atuação para os estudantes das licenciaturas.

A educação ambiental e a educação geocientífica se entrelaçam na construção de caminhos para uma compreensão profunda dos processos terrestres de dinâmica interna e externa associados ao desenvolvimento histórico das sociedades, modelos de produção e ocupação dos territórios, uso dos recursos naturais, construção de políticas públicas, programas econômicos e conservação da diversidade natural. A educação ambiental é promotora de oportunidades de aprendizagem de conhecimentos e valores, possibilitando mudanças democráticas que estimulem novos modelos sociais, baseados na sustentabilidade planetária. Os diálogos entre as duas áreas são possíveis quando práticas pedagógicas promovem o desvelamento crítico da realidade da escola e seu entorno (Santos, 2011), ressaltando questões políticas, econômicas, culturais e sociais de modo integrado, crítico, dialogado, participativo e emancipatório, orientado à solução de problemas (Santos & Jacobi, 2018).

Nos projetos socioeducativos, o enfoque está no lugar, na compreensão da realidade e no diagnóstico de problemas e soluções (Compiani, 2013, 2015, Compiani, Zimmermann & Briguenti, 2020, Semken et al., 2017). São desenvolvidos com base em metodologias participativas, que engajam os indivíduos na discussão dos problemas locais e na promoção de ações para a melhoria da qualidade de vida (Santos & Bacci, 2011, Santos & Bacci, 2019). O engajamento da escola, da sociedade civil, das comunidades na produção de conhecimento local por meio de metodologias participativas e colaborativas é uma forma de promover a aprendizagem social. Destaca-se

a importância desses caminhos na formação de professores, envolvendo a gestão e a comunidade escolar na promoção do engajamento dos estudantes para a participação nos projetos socioambientais, proporcionando benefícios para a formação profissional e humana de todos os envolvidos.

O presente Capítulo aborda, portanto, a Educação em Ciência do Sistema Terra e as possibilidades de apropriação dos conhecimentos geocientíficos na formação de professores nos mais diferentes contextos, em especial quanto às questões ambientais, possibilitando desenvolver estratégias educativas e recursos didáticos que contemplem a interdisciplinaridade e a complexidade inerentes a este campo do conhecimento.

## O conhecimento geocientífico na perspectiva da Ciência do Sistema Terra

Amplamente reconhecida por sua singular condição, a Ciência do Sistema Terra integra múltiplas dimensões do saber humano e mostra-se essencial para a compreensão do mundo e dos contextos de vida e desenvolvimento das coletividades. Assim, consolida-se capaz de promover a articulação de ações e trabalhos voltados para a Educação Ambiental em seu mais expressivo eixo: a formação do cidadão cientificamente alfabetizado, socialmente comprometido e ambientalmente responsável.

Neenan et al. (2021), considerando a gravidade das questões ambientais atuais e indagando a quem caberá engendrar soluções para os seus efeitos, em futuro bem próximo, propõe o uso de Grupos Consultivos de Pesquisa Infantil (*Children's Research Advisory Groups*, CRAGs) para incluir crianças e jovens de forma significativa como copesquisadores em pesquisas relacionadas às Ciências da Terra. Os autores consideram o papel de grupos de estudantes ativistas em vários países e destacam, por exemplo, o grupo irlandês de ativistas liderado por estudantes (*Schools' Climate Action Network Ireland*) que, recentemente, sugeriu uma reforma dos sistemas educacionais naquele país, visando atender à necessidade de alfabetização ecológica. Para esses autores, a Educação em Ciências da Terra confere às gerações jovens os conhecimentos e os instrumentos para tratar os ônus do desenvolvimento.

Nos Estados Unidos, McNeal & Petcovic (2017) destacam o crescimento de programas de pós-graduação voltados para a pesquisa em Educação Geocientífica (*Geoscience Education Research*, GER), em virtude do aumento da demanda por professores com formação universitária em ciência e tecnologia. O crescimento e a proliferação dos programas,

segundo os autores, visam ajudar a comunidade a ser intencional na preparação de futuros profissionais para a construção de uma cidadania cientificamente alfabetizada.

As Ciências da Terra, sobretudo se perspectivadas a partir da dimensão sistêmica que a Geologia integra, permitem fomentar a criação e a implantação de práticas educativas diferenciadas que promovem a sensibilização, a formação e o engajamento de cidadãos, de diferentes faixas etárias, em ações que dinamizam e promovem modelos mais sustentáveis e duradouros para ocupação do meio físico (Piranha, 2006, Orion & Libarkin, 2014, Orion, 2017). Semken et al. (2017) destacam que, sendo as Ciências da Terra um conjunto de ciências históricas e observacionais, portanto, fortemente dependente do local, favorecem a Educação Baseada no Lugar (Place-Based Education, PBE). Para os autores:

PBE é importante para a prática atual e futura da Educação em Geociências por razões que se aplicam a todos os ramos da educação, pois baseia-se diretamente no que é familiar para alunos e professores, conecta as ciências a outras disciplinas ou formas de conhecimento, e dá contexto local e relevância a conceitos e práticas globais que podem parecer abstratos ou desconexos para os alunos (Semken et al., 2017, p.542, trad. dos autores).

Os autores enfatizam que tais aspectos conferem à Educação em Ciências da Terra (ECT) um caráter inovador e transdisciplinar, revelando-a mais inclusiva e acessível. Ao ensinar a Terra e os sistemas planetários em (e por meio de) lugares, ECT permite criar “conexões humanas com a Terra” e agrega significado para os locais, favorecendo a apreciação estética, o senso de admiração, a afinidade, o reconhecimento de valores econômicos, recreativos, espirituais, familiares, culturais, históricos, políticos e científicos para os contextos estudados.

Essa linha de raciocínio reconhece e adentra o campo de teorias que unem Educação, Psicologia, Neurociência, Linguística e Ciência cognitiva. Tal estudo exige maior entendimento e apropriação de conceitos e ideias que facultem percepções e reflexões valiosas, acerca do alcance das Ciências da Terra, mas que, evidentemente, supera os propósitos e as condições do presente texto e publicação. Não obstante, tais teorias têm embasado e contribuído fortemente para o desenvolvimento de recursos que favorecem a cognição, destacando os recursos midiáticos e as tecnologias de informação e comunicação.

Cabe reconhecer que são muitas as potencialidades que as Ciências da Terra oferecem à Educação mediada pelas tecnologias, contribuindo para

“a aprendizagem significativa e para estimular o professor a criar situações favoráveis ao aprendizado” (Signoretti & Carneiro, 2015, p.466). O estudo das paisagens e suas dinâmicas, dos materiais, de processos e ainda dos ciclos de transformações da matéria em sucessivas (re)organizações encontra, nas imagens, em programas computacionais e em simulações diversas, recursos valiosos para compor o entendimento delas em diferentes escalas de tempo e de espaço. A percepção das relações sistêmicas favorece a compreensão dos processos de organização e transformações ambientais, envolvendo paisagens e organizações vivas (solo, por exemplo).

As tecnologias, aliadas aos conceitos, à capacidade de integrar e inter-relacionar diferentes áreas do conhecimento e, de contextualizar os fatos, dados e representações que a Ciência do Sistema Terra possibilita, favorecem a criação de novas práticas e a elaboração de materiais didático-pedagógicos que agregam valor à prática educacional. Também contribuem para a percepção e a valorização da condição holística, complexa e sistêmica da Ciência e do ambiente, e, ainda, do caráter dinâmico do conhecimento humano, ao mesmo tempo em que incentivam o trabalho colaborativo e o diálogo entre diferentes segmentos sociais ou realidades culturais, étnicas e comunidades científicas ou de aprendizagem diversificadas (Piranha, 2013, 2019).

Ainda reconhecendo a importância das Ciências da Terra para despertar o interesse do indivíduo pela aprendizagem, Silva et al. (2015) destacam os resultados obtidos do desenvolvimento dos trabalhos do Comitê Nacional Português para o Programa Internacional de Geociências (NC-IGCP) em atenção à iniciativa da ONU para o *Ano Internacional do Planeta Terra*. Os autores reconhecem que ações desenvolvidas durante o triênio 2007-2009, sob o lema *Ciências da Terra para a Sociedade*, promoveram muitos impactos e mudanças na sociedade portuguesa. A partir de uma atenção especial dada às atividades educacionais relativas às Ciências da Terra, algumas organizações locais ligadas, sobretudo, à UNESCO ganharam representatividade e reconhecimento junto à sociedade e puderam contribuir para a melhoria da alfabetização científica em Portugal. Exposições itinerantes, cursos de formação para professores, concursos escolares e recursos de Geocomunicação contribuíram para dar apoio e visibilidade ao desenvolvimento de projetos de Ciências e atividades extensionistas em Ciências da Terra. Desse modo, favoreceram a conscientização popular sobre o papel dos geocientistas na construção de patamares de desenvolvimento mais sustentáveis e pautados por princípios éticos, como destacam os autores. Em associa-

do, iniciativas de Geoconservação promovidas com a criação da Rede Mundial de Geoparques da UNESCO tiveram curso em Portugal com a implantação dos primeiros Geoparques naquele território. Atualmente, Portugal possui cinco geoparques que integram as Redes Europeias e Global de Geoparques (EGN/GGN) e mais três unidades aspiram ao reconhecimento e à integração às Redes, evidenciando importante reconhecimento e valorização do Patrimônio Geológico, a nível nacional (Portugal, 2021, MNE, 2023).

Considera-se que o êxito das ações de Educação em Ciências da Terra em Portugal seja bastante ilustrativo e esclarecedor acerca do potencial que o desenvolvimento de práticas educacionais integradoras e inclusivas, voltadas para o ensino formal e não formal, pode promover junto às comunidades. Em consequência da popularização, da divulgação e da alfabetização científica, promovidas pela Educação Geocientífica, as comunidades passam a participar da proteção do patrimônio material e imaterial e contribuir para a longevidade e a eficácia de programas e ações em Educação Ambiental e Geoconservação.

## **Um mundo integrado – ensinando e aprendendo na perspectiva sistêmica**

Projetos educativos e práticas pedagógicas, que promovem a interdisciplinaridade em espaços de diálogo e participação, têm permitido ensinar sobre o planeta de forma integrada e sistêmica.

No âmbito dos Estados Unidos, um projeto que congregou uma série de materiais didáticos para professores foi o InTeGrate (Interdisciplinary Teaching about Earth for a Sustainable Future) coordenado pelo Science Education Research Center, Carleton College. O projeto tem como princípios orientadores os grandes desafios que envolvem a Terra e a sociedade, desenvolvendo a capacidade dos estudantes de abordar questões interdisciplinares, incorporando o pensamento sistêmico e a compreensão sobre a natureza, bem como sobre os métodos da ciência com uso de dados confiáveis. O projeto procurou desenvolver uma comunidade de práticas no ensino superior que conecte as Ciências da Terra a questões sociais em todo o currículo, de cursos individuais a parcerias interinstitucionais.

Integrar conhecimentos não é uma tarefa fácil e corriqueira, dada a formação disciplinar ainda predominante na maioria dos cursos de graduação, mas muitas ações têm sido promovidas na pesquisa e no ensino

para promover novos caminhos. Gosselin et al. (2019) publicaram o livro *Interdisciplinary Teaching About Earth and the Environment for a Sustainable Future*, com uma série de propostas que integram as Ciências da Terra à sustentabilidade planetária. Assim, os autores propõem transformar os conhecimentos sobre a Terra e sobre as Ciências Ambientais em práticas que apoiem os alunos (e todo o ensino superior) enquanto se preparam para uma transição para a sustentabilidade. A capacidade de integrar os conhecimentos da Terra com outras bases de conhecimentos críticos, como o das ciências sociais e das engenharias, dentre outras, possibilita a compreensão dos desafios dos sistemas e da construção de soluções que funcionam (Matson, 2019). Gosselin et al. (2019) afirmam que:

[...] quando os tomadores de decisão têm um entendimento de nível de processo dos sistemas terrestres e ambientais, eles podem enfrentar esses desafios de forma eficaz e progredir em direção à sustentabilidade, propondo estratégias para utilizar de forma eficiente os recursos naturais, incluindo alimentos, água e recursos minerais; capitalizar fontes de energia tradicionais e alternativas; reduzir a instabilidade associada às mudanças do clima e a degradação ambiental; melhorar a saúde e a segurança no que diz respeito aos riscos naturais, água e qualidade do ar; e abordar questões relacionadas, como a justiça ambiental (Gosselin et al., 2019, p.4).

A Ciência do Sistema Terra, segundo Orion (2016), é o campo de estudo que se preocupa em compreender a Terra como um sistema, sejam os sistemas de forma individual (geosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera), sejam as interações entre eles e como se influenciam mutuamente. A abordagem dos sistemas terrestres deve ser holística, de forma a enfatizar o estudo dos ciclos e das transformações de matéria e energia entre os quatro sistemas terrestres.

O desenvolvimento do pensamento sistêmico é importante para que os estudantes possam compreender e lidar com os desafios complexos que se encontram na interseção dos sistemas terrestres e das interações humanas. Para Kastens & Manduca (2012), os métodos e formas de pensar que são intrínsecos às Ciências da Terra diferem-se dos procedimentos experimentais ensinados nas escolas. Os geocientistas navegam facilmente em uma gama de escalas temporais e espaciais, incorporam a complexidade do sistema terrestre em seu raciocínio e desenvolvem várias hipóteses de pesquisa, que incluem os trabalhos de campo.

Algumas estratégias que o professor pode utilizar para promover o pensar sistêmico são descritas pelas autoras, como: falar em voz alta

enquanto raciocina por meio de uma questão ou processo geocientífico no campo e no laboratório; incluir uma atividade ou tarefa de leitura com perguntas que enfoquem um ou mais aspectos do pensamento geocientífico; solicitar aos estudantes que explorem a incerteza nos dados e não apenas os dados em si; adicionar sugestões reflexivas às atividades existentes que envolvam pesquisas abertas ou projetos de pesquisa; perguntar aos estudantes como e por que eles resolveriam um problema, em vez de pedir que resolvam o problema, como no planejamento de uma investigação de campo.

No entanto, advertem que o pensamento geocientífico não é um tópico que se encaixa em uma determinada parte de uma disciplina ou do currículo, e a abordagem varia com o nível de ensino dos estudantes. O desenvolvimento do pensamento geocientífico depende da articulação das estratégias de ensino e os resultados de aprendizagem, os quais se concentram nas habilidades do pensar geocientífico. Propostas de atividades que permitem aos alunos desenvolver e refletir sobre essas habilidades e avaliar não apenas o domínio do conteúdo, mas o domínio das habilidades de pensamento, são fundamentais para a educação (Kastens & Manduca, 2012).

Em face da desterritorialização das Ciências da Terra nos currículos e referenciais curriculares que constituem a educação básica no Brasil (Toledo, 2005, Ponte & Piranha, 2020), pesquisas em educação geocientífica apontam possibilidades de inserção e formas de transposição dos conceitos para a práxis didática (Salvador, 2018, Ponte & Piranha, 2020, Ponte, Camargo & Piranha, 2023), bem como para a formação inicial e continuada de professores (Bacci & Boggiani, 2015, Soares, 2016, Santos & Jacobi, 2018, Bacci & Piranha, 2020). Importa enfatizar que, dentre os muitos caminhos possíveis para ensinar a Ciência do Sistema Terra, em qualquer nível da educação formal e, ainda, em ações educativas não formais, o êxito e a efetividade destas se vinculam fortemente às práticas pedagógicas<sup>1</sup> assumidas.

As singularidades que a perspectiva sistêmica da Terra confere à elaboração de recursos, estratégias, abordagens e práticas didático-pedagógicas são diferenciais que permitem constituir possibilidades para enfrentamento de grandes desafios da Educação Geocientífica (Gosselin et al., 2019).

1 Práticas pedagógicas são organizadas “intencionalmente para atender determinadas expectativas educacionais solicitadas/requeridas por dada comunidade social” (Franco, 2012, p.154). Assim, as práticas pedagógicas devem procurar ser entendidas em seu contexto, em um determinado momento histórico e diante de um cenário que estabelece as relações sociais, culturais, ideológicas e de produção.

Nessa perspectiva, ensinar os ciclos *biogeoquímicos* em face da ação antrópica, como concebe a abordagem sistêmica, requer fundamentalmente a compreensão das relações e das interações que a atividade humana promove nos ambientes e os decorrentes impactos disso. Para tanto, diversas estratégias de ensino podem tratar do crescente conhecimento acerca da química e da física da matéria, do comportamento desta em face da Termodinâmica e, ainda, dos avanços tecnológicos assim propiciados. Tais estratégias podem integrar recursos que evidenciem a importância e o significado desses conhecimentos para o crescente desenvolvimento de processos de transformação e (re)organização dos materiais em variadas escalas e com subprodutos diversos. Desse modo, o ensino faculta ao estudante meios para compreensão dos elementos, dos mecanismos, da dinâmica e das escalas de transformação presentes nos ciclos naturais. Também desconstruem a ilusão de que ao humano compete a proteção dita pela ciência física do “observador distante”. Explica que estamos intrinsecamente ligados e temos dependências diversas, diretas ou indiretas, com as mudanças impostas pelos e aos ciclos biogeoquímicos que operam no planeta.

Como decorrência, devido à correlação bastante próxima, tais abordagens e recursos permitem ensinar também aspectos fundamentais que sustentam *as dinâmicas (o funcionamento) dos ecossistemas* e abrem espaço para a compreensão das teorias que buscam elucidar a diversificação da vida terrena. Ensinar a *diversidade biológica* e a história de evolução da vida no planeta é fortemente amparada, sustentada e desafiada pelo registro paleontológico e pela compreensão das transformações havidas nos ecossistemas terrestres ao longo do Tempo Geológico.

As mudanças climáticas, cujos registros são observáveis, sobretudo, em seqüências sedimentares que guardam características morfológicas, estruturais e/ou composicionais próprias da ação dos agentes climáticos e de seus modificadores, permitem entender e ensinar a *variabilidade climática* ao longo do tempo geológico. De que maneira e em que medida esses eventos, sob diferentes escalas de tempo e espaço, afetaram a vida terrena, pode explicar, à luz da compreensão sistêmica e complexa que a Terra integra (Pirinha, 2019), os mecanismos e os impactos, mais ou menos profundos, havidos sobre a diversidade biológica. Guardam relações com os ciclos biogeoquímicos e permitem compreender as teias de interações sucessivas que dão curso às dinâmicas sistêmicas da Terra e, ao mesmo tempo, revelam sua imprevisibilidade relativa.

Nesse sentido, as variações climáticas entendidas no âmbito das inter-relações sistêmicas podem explicar *eventos hidrológicos* diversos. Assim, favorecem o entendimento dos mecanismos que dão origem a secas e estiagens, enchentes, chuvas torrenciais, bem como ao conjunto de fatores que decorrem dos mesmos. Permitem, ainda, relacionar o impacto de ações antrópicas, que, intervindo na configuração dos ecossistemas, quer por alteração, quer por supressão de seus constituintes, configuram rupturas nos seus mecanismos reguladores, desencadeando situações críticas que, em maior ou menor grau, afetam favorável ou desfavoravelmente os integrantes da biodiversidade em escala local, regional, continental ou global. Registros históricos gravados nos paleoambientes terrestres explicam, muitas vezes, os intervalos de tempo necessários para que outra forma de organização se suceda plenamente nos contextos afetados por eventos dessa natureza, mesmo que de variada magnitude. Permitem igualmente estudá-los e compreender suas ocorrências.

A biodiversidade, estudada como resultante de um conjunto de interações sistêmicas e complexas, registra tênue equilíbrio em face das condições físico-químicas dos diversos ambientes terrestres. Mostra-se sensível às mudanças acima discutidas, que afetam em grau variado os fatores que sustentam a vida e que estabelecem e controlam os mecanismos de interações ecossistêmicas. Podem, então, em resposta às inúmeras interações, desenvolver agentes que atuam como patógenos e desencadeiam *processos infecciosos* em comunidades mais vulneráveis, podendo mesmo levar a letalidade para muitos hospedeiros ou infectados. Mudanças genéticas, alterações virais, mutações naturais, induzidas ou provocadas determinam e dão curso a processos variados de resistência, infecciosidade e mudanças outras, decorrentes deles.

As mudanças que acometem indivíduos ou comunidades biológicas, por sua vez, gravam seus reflexos no ambiente. A demanda e o uso de recursos naturais ficam, desse modo, instáveis e passíveis de alterações que podem configurar desequilíbrios de ordem e ou magnitude. As relações ecossistêmicas, em suas variadas representações nos subsistemas terrestres, integram estágios de rupturas de mecanismos reguladores. Recursos didáticos e práticas pedagógicas diversas podem se fundamentar nesses subsistemas, levando ao entendimento das mudanças e daquilo que elas oportunizam. Assim, o estudo (i) das implicações que estiagens prolongadas ou, ainda, que ações governamentais e políticas públicas, determinantes mercadológicas ou interesses econômicos podem desencadear no suprimento de alimentos em comunidades antrópicas, (ii) dos efeitos de

poluentes sobre a biota do solo ou de comunidades marinhas afetadas por plumas de contaminantes ou, ainda, (iii) dos mecanismos metabólicos que interferem na concentração de determinadas substâncias reguladoras de funções celulares, por exemplo, podem constituir estratégias para o ensino e a aprendizagem dos estados de uso, demanda e suprimento de recursos naturais. Os exemplos aqui expostos intentam representar que tanto os contextos naturais dos ambientes terrestres como aqueles de construção e intervenção antrópica (instituições, governos, mercados, práticas, costumes, culturas) podem igualmente e em variados níveis e escalas ser alvo das mudanças e rupturas no estado de demanda, suprimento e uso de recursos essenciais.

A título de exemplo, ainda, destacam-se algumas questões que permeiam as Ciências da Terra e que exigem que o ensino e a aprendizagem efetivos nos habilitem a desenvolver e implementar, com êxito, novos e urgentes saberes: emergência/adaptação climática, segurança hídrica, segurança alimentar, tratamento e eliminação de resíduos, uso e ocupação da terra, dentre outros. Mais que considerá-los desafios, importa que sejamos capazes de ensiná-los à luz do entendimento da Ciência do Sistema Terra, para que sejamos capazes de constituir soluções pacíficas que confirmem maior sustentabilidade às comunidades terrenas. Nesse sentido, o diálogo com as Ciências Sociais é mais do que urgente, ao pensarmos na integração entre sociedade e ambiente. Por meio da promoção da cultura geocientífica, promove-se a participação social na elaboração de propostas pedagógicas que fomentem a preservação dos recursos naturais e os serviços ecossistêmicos, em contrapartida à exploração e à ocupação das áreas preservadas. Por fim, mas não menos importante, cumpre refletir sobre a importância e as potencialidades da Ciência do Sistema Terra para ensinar essencialidades acerca dos solos. Aprender, ensinar e promover novos conhecimentos que habilitem melhores *práticas de uso, manejo, recuperação e proteção dos solos*. A compreensão mais aprofundada dos mecanismos e funcionamento dos serviços ecossistêmicos permite elucidar e revelar meios que preservem as funções essenciais dos solos para os ciclos dos materiais e a vida terrestres.

Os serviços ecossistêmicos da geodiversidade (Gray et al., 2013, Silva et al., 2018, Santos & Bacci, 2019) permitem que se identifiquem os valores e benefícios da geodiversidade, considerados a partir de uma abordagem ecológica, os quais promovem o cuidar do ambiente natural e proporcionam um desenvolvimento mais sustentável.

A gestão do patrimônio natural contempla a compreensão dos seus valores e a sua preservação para as gerações futuras (Menegat, 2009). Assim como o patrimônio natural, as grandes cidades também contemplam patrimônios culturais materiais e imateriais, dentre os quais estão presentes os materiais geológicos nas edificações e urbanizações, testemunhos e memórias de tempos passados, os quais igualmente contribuem para a educação e a cultura da sustentabilidade no âmbito dos centros urbanos (Fontana et al., 2015, Del Lama et al., 2015).

## **Abordagem geocientífica integrada em trabalhos de campo nas cidades**

Como os materiais geológicos e o contexto histórico-social em uma cidade se relacionam?

Como deixar mais evidente a inter-relação cultura e natureza?

De onde vêm os materiais utilizados nas construções?

São perguntas que podem ser respondidas quando da realização de trabalhos de campo nas áreas urbanas, em atividades que promovam a interdisciplinaridade e o diálogo das áreas de conhecimento (Fig. 1). Menegat (2008) aponta que:

Nas cidades contemporâneas em que as paredes são todas homogeneizadas com argamassa e pinturas, os cidadãos perdem a possibilidade de relacionar os materiais construtivos com a paisagem circundante (Menegat, 2008, p.84)

Nesse sentido, propõe-se uma atividade para que as pessoas pensem nesses materiais e de onde eles vieram. Não se pretende aqui apresentar uma prática pedagógica para os professores e sim sugerir uma atividade de campo que possa ser modelada por eles, de acordo com os assuntos de suas disciplinas em curso.

O estabelecimento de um núcleo urbano é fortemente influenciado pela geologia/geomorfologia da região, como, por exemplo, a cidade de São Paulo, que teve sua nucleação no denominado Triângulo Histórico, localizado nos cimos das colinas aplainadas, cercado pelos rios que lhe são adjacentes, o rio Tamanduateí e o rio Anhangabaú, este hoje canalizado e soterrado. As suas edificações eram principalmente em taipa de pilão, como se observa na igreja São Francisco, no Largo São Francisco. Somente após o ciclo do café, no final do



Figura 1. Atividades de campo no centro velho de São Paulo e no Cemitério da Consolação, abordagens multidisciplinares

século XIX, São Paulo passa a ser um importante centro econômico. Paralelamente, o método construtivo modifica-se, e a pedra começa a ser mais utilizada.

Um trabalho de campo no Centro Velho de São Paulo pode reconhecer e abordar esses diferentes aspectos, os quais serão pontuados detalhando as pedras, mas lembrando que os aspectos sociais (o surgimento da elite cafeeira, o crescimento do núcleo urbano) e os aspectos econômicos (o ciclo do café) podem e devem ser inseridos na atividade. Há uma grande diversidade de pedras nas construções do Centro Velho de São Paulo. A procedência dessas pedras também é diversa, havendo pedras paulistana, paulistas, nacionais e estrangeiras. A identificação das rochas pode ser encontrada em trabalhos já publicados, e também no site do grupo GeoHereditas (Cassaro, Mazoca & Del Lama, 2021), que disponibiliza um roteiro interativo, bem como referências de diversos trabalhos correlatos. Destacaremos o Granito Itaquera, a pedra que construiu São Paulo. O granito está presente nas construções mais antigas e é a única pedra paulistana reconhecida nos seus monumentos e edificações. Ela não está mais em exploração e a pedreira foi aterrada em 2006. A pedreira teve uma longa história com a comunidade local, tendo sido inclusive palco de casamentos e festas populares.

Outros locais apropriados para observar as relações são os cemitérios. Cemitérios, principalmente os históricos, são verdadeiros museus ao ar livre e há vários motivos para visitá-los, tais como identificar os costumes e a evolução da sociedade, conhecer sepulturas de pessoas famosas, conteúdo arquitetônico e artístico dos jazigos, e inclusive passear em um ambiente pacífico e arborizado. Aliado a esses fatores, os cemitérios podem ser considerados como *catálogos de rochas ornamentais*, devido à grande diversidade de pedras que constituem os túmulos.

O Cemitério da Consolação, assim como o Centro Velho, tem muitos tipos de pedras estrangeiras, provenientes principalmente da Itália e de Portugal, presentes em túmulos das famílias dos barões do café e personalidades políticas e industriais. Com o declínio do ciclo do café, as pedras nacionais começam a ser mais usadas devido ao seu menor custo. Um roteiro geoturístico nesse cemitério foi proposto por Kuzmickas & Del Lama (2015). Adicionalmente, uma atividade de campo em um cemitério pode auxiliar a diminuir o preconceito em relação ao local, que é sempre associado à tristeza, e reconhecê-lo como um local de recordação e homenagem aos entes queridos. Realça-se que essas atividades podem aflorar nos estudantes e público em geral o sentimento de pertencimento e valorização do local, ajudando na preservação de edifícios e monumentos históricos.

Além disso, auxilia, também, no conhecimento do local; no caso, aqui foi exemplificada a cidade de São Paulo, mas a proposta pode ser aplicada a qualquer outra cidade. Muitas cidades brasileiras já têm estudos e pesquisas que apresentam a identificação do material pétreo que constituem seus monumentos e edificações, o que contribui para divulgar a rica diversidade pétreo que existe no território brasileiro (Del Lama, 2021).

Abordagens interdisciplinares também podem relacionar os materiais geológicos e o estudo das antigas civilizações. Muito do que se sabe sobre o modo de vida dessas populações provém das construções que ainda hoje sobreviveram, devido ao material utilizado, a pedra. Alguns exemplos: os egípcios utilizaram o calcário em suas pirâmides, os gregos construíram seus templos com mármore, os hititas modelaram as cidades em tufo vulcânico, os nabateus escavaram suas edificações nos afloramentos de arenito (adicionalmente pode ser abordado como a tecnologia hidráulica altamente desenvolvida dos nabateus permitiu a vida no meio de um deserto), os khmers utilizaram blocos de arenito em suas construções, os rapanui esculpiram os moai em tufo vulcânico (o único material disponível na Ilha de Páscoa), os incas talharam o encaixe perfeito dos blocos de granito em Machu Picchu (Del Lama, 2018).

Em todos os exemplos apresentados, a pedra utilizada era local. Já os romanos, apesar de contar com suas pedras locais (notadamente tufo vulcânico, travertino e mármore), utilizaram amplamente pedras oriundas de suas colônias na região do Mediterrâneo, o que tornou Roma uma cidade multicolorida e que apresenta uma das maiores diversidades pétreas do mundo.

## Considerações Finais

As questões ambientais, que têm convidado as pessoas a refletirem sobre a existência da humanidade, suas práticas, costumes e valores frente aos modelos de ocupação do meio físico natural e de expansão das cidades e sob a perspectiva da sustentabilidade da Vida na Terra, associadas aos numerosos problemas relacionados a esses mesmos modelos ou deles decorrentes, evidenciam:

- - a necessidade de acelerar o processo de entendimento/capacitação e evolução científico-político e tecnológica, visando promover adequação dos modelos desenvolvimentistas e a formatação de novos paradigmas socioeconômicos;
- - a necessidade de um maior e melhor entendimento da dinâmica dos processos naturais que operam no planeta;
- - a compreensão mais alargada das interações entre os fenômenos naturais e as práticas e medidas sociais e econômicas que assegurem recursos fundamentais à vida, tais como: alimento, abastecimento, segurança e qualidade de vida para a população;
- - os mecanismos e recursos que promovem o comprometimento social amplo e efetivo com as questões ambientais e de proteção aos recursos naturais, tais como as políticas públicas e programas de gestão integrada;
- - a ampliação da proteção do patrimônio natural e construído, da geo e biodiversidade, bem como dos processos de aprendizagem social e práticas educativas, da participação da sociedade na tomada de decisões para a conservação da diversidade natural.

A Ciência do Sistema Terra integra infindáveis recursos e possibilidades educativas para constituir ferramentas e práticas didático-pedagógicas inovadoras, capazes de promover o ensino contextualizado, integrado, efetivo, inter-multi-trans-pluri-polidisciplinar (Morin, 2003) que destitua o poder fragmentador das barreiras disciplinares e habilite o raciocínio lógico, estimule a criatividade, permita a expansão das capacidades humanas e, assim, nos habilite ao dever da humanidade terrena. Além disso, está presente no cotidiano de todos, nas mais diferentes maneiras, escalas e tempos, possibilitando integrar os conhecimentos científicos aos demais saberes e podendo contribuir para a construção de sociedades mais sustentáveis.

## Referências

- Bacci, D. C. L., & 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. In: Bacci, D. L. C. (Org). (2015). *Geociências e educação ambiental*. Curitiba: Ponto Vital Ed. ePUB, 8,9 Mb. [livro eletrônico].
- Bacci, D. C., & Piranha, J. M. (2020). A Geologia e a Formação de Professores. In: Reis, F. A. G. V., Kuhn, C., Carneiro, C. D. R., Wunder, E., Boggiani, P. C., & Machado, F. B. (Orgs.). (2020). *Ensino e Competências Profissionais na Geologia*. Jaboticabal: FUNEP. p.59-78.
- Cassaro, L., Mazoca, C. E. M., & Del Lama, E. A. (2021). *As rochas que construíram o Centro Velho de São Paulo. Geodiversidade no Patrimônio Construído*. ArcGIS. URL: <https://www.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=fc5dac81fd b64e8e9c1d7b1cb4307527>. Acesso 09.10.2023.
- Compiani, M. (Org.) 2013. Ribeirão Anhumas na Escola: Projeto de Formação Continuada Elaborando Conhecimentos Escolares Relacionados à Ciências, à Sociedade e ao Ambiente. 1ª ed. Curitiba, PR: CRV. 250 p.
- Compiani, M. (Org.) 2015. Ribeirão Anhumas na Escola: pesquisa colaborativa entre Escola e Universidade gerando conhecimentos contextualizados e interdisciplinares. 1ª ed. Curitiba, PR: CRV. 208 p.
- Compiani, M., Zimmermann, N., & Briguenti, E. C. (Org.) 2020. *Pedagogia do lugar/ambiente interdisciplinaridade e contextualização em sala de aula*. Curitiba, CRV. 288p.
- Del Lama, E. A. (2018). Civilizações de pedra. In: Carneiro, C. D. R., Gonçalves, P. W., Imbernon, R. A. L., Machado, F. B., & Cerri, C. A. D. (Eds.) (2018). *Ensino e História de Ciências da Terra*. Campinas: Soc. Bras. Geol. p. 680-683. URL: <http://www.igc.unicamp.br/geoscienc2018/pt/trabalhos/>. (Anais VIII Simp. Nac. Ens. Hist. Ciências da Terra / EnsinoGEO-2018 – Geociências para todos. Campinas, SBGeo, 2018). (ISBN 978-85-99198-21-6). p.27-30. Acesso 09.10.2023.
- Del Lama, E. A. (Org.). (2021). *Patrimônio em Pedra*. São Paulo: IGc-USP. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786586403022>.
- Del Lama, E. A., Bacci, D. L. C., Martins, L., Garcia, M. G. M., & Dehira, L. K. (2015). Urban geotourism and the old centre of São Paulo city, Brazil. *Geoheritage*, 7, 147-164. DOI: <https://doi.org/10.1007/S12371-014-0119-7>.
- Fontana, R. C., Menegat, R., & Mizusaki, A. M. P. (2015). Geocoservação em grandes cidades e proposição dos itinerários geológicos de Porto Alegre: contribuições metodológicas para valoração integrada de unidades geológicas. *Geociências*, 35, 22-45.
- Franco, M. A. S. (2012). *Pedagogia e prática docente*. São Paulo: Cortez Ed. 239p.
- Gosselin, D. C., Egger, A. E., & Taber, J. J. (Eds.). (2019). *Interdisciplinary Teaching About Earth and the Environment for a Sustainable Future*. AESS, Springer. (eBook). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03273-9>.
- Gray, M., Gordon, J. E., & Brown, E. J. (2013). Geo-diversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. *Proc. Geol. Assoc.*, 124, 659-673.
- Kastens, K. A., & Manduca, C. A. (2012). *Earth and Mind II. A synthesis of research on thinking and learning in the Geosciences*. The Geological Society of America. Special Paper 486.

- Kuzmickas, L., & Del Lama E. A. (2015). Roteiro geoturístico pelo Cemitério da Consolação, São Paulo: *Geociências*, 34, 41-54. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v23-209607>.
- Matson, P. (2019). Preface. In: Gosselin, D. C., Egger, A. E., & Taber, J. J. (Ed). (2019). *Interdisciplinary teaching about Earth and the environment for a sustainable future*. AESS, Springer. (eBook). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03273-9>.
- Menegat, R. (2008). A emergência da tecnourbesfera e os novos desafios da geologia urbana. In: Machado, R. (Ed.). (2008). *As Ciências da Terra e sua importância para a humanidade. A contribuição brasileira para o Ano Internacional do Planeta Terra (AIPT)*. São Paulo: SBG, p. 76-91.
- Menegat, R. (2009). A cidade como fato geológico: a emergência da tecnourbesfera. *Thelos*, 4, 02-18.
- Mcneal, K. S., & Petcovic, H. L. (2017). Sparking conversations about graduate programs in Geoscience Education Research. *Journal of Geoscience Education*, 65, 399-406. DOI: <https://doi.org/10.5408/17-254.1>.
- Ministério dos Negócios Estrangeiros (MNE). (2023). *Geoparques mundiais da UNESCO*. MNE. URL: <http://unescoportugal.mne.gov.pt>.
- Morin, E. (2003). *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Neenan, E., Roche, J., & Bell, L. (2021). Time to Listen: Children's Voice in Geoscience Education Research. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 669430. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.669430>.
- Orion, N. (2017). The relevance of earth science for informed citizenship: Its potential and fulfillment. In: Liete, L., Dourado, L., & Morado, S. (Eds). (2017). *Contextualizing teaching to improving learning*. New York: Nova Science Publ. p.41-56.
- Orion, N. (2016). Earth Systems Education and the Development of Environmental Insight. In: Vasconcelos, C. (Ed.). (2016). *Geoscience Education Indoor and Outdoor*. Springer. (eBook). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43319-6>.
- Orion, N., & Libarkin, J. (2014). Earth System Science Education. In: Lederman, N. G., & Abell, S. K. (2014). *Handbook of research on Science Education*. Londres: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203097267>.
- 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: Universidade Estadual de Campinas. (Tese Dout.). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/Unicamp.2006.386195>.
- Piranha, J. M. (2013). Contributos da Ciência do Sistema Terra para a educação científica. Construção de materiais e práticas interdisciplinares. *Enseñanza de las Ciencias*, v. Extra, 2806-2809.
- Piranha, J. M. (2019). *O ensino da Ciência do Sistema Terra numa abordagem complexa - contributos do pensamento de Edgar Morin*. Universidade Estadual Paulista. (Tese Livre-Docência).
- Ponte, M. L. da, & Piranha, J. M. (2020). Ciências da Terra no currículo do Estado de São Paulo: uma abordagem reflexiva. *Terræ Didática*, 16(Publ. Contínua), e020005. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8656550>.
- Ponte, M. L. da, Camargo, R. P., & Piranha, J. M. (2023). Potencialidades para Educação em Ciência do Sistema Terra na Base Nacional Comum Cur-

- ricular. In: Carneiro, C. D. R. (Ed.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 400p. (neste volume) (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1).
- Portugal. Ministério dos Negócios Estrangeiros. Comissão Nacional da Unesco. Portal Diplomático. (2021). *Geoparques Mundiais da UNESCO*. MNE. URL: <https://unescoportugal.mne.gov.pt/pt/redes-unesco/geoparques-mundiais-da-unesco>.
- Salvador, L. A. (2018). *Conhecimentos geocientíficos e práticas pedagógicas em Ciências Naturais na formação inicial de pedagogos*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. [Tese Dout.]. URL: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/331845>.
- Santos, V. M. N. (2011). *Educar no ambiente: construção do olhar geocientífico e cidadania*. São Paulo: Ed. Annablume. (Col. Cidadania e Meio Ambiente).
- Santos, V. M. N., & Jacobi, P. R. (2018). *Educação, Ambiente e Aprendizagem Social: reflexões e possibilidades à geoconservação e sustentabilidade*. Curitiba: Ed. CRV. 108p. (Livro, Série Ensino e História de Ciências da Terra, 4).
- Santos, V.M.N, & Bacci, D.C. (2011). Mapeamento socioambiental para aprendizagem social. In: Jacobi, P. R. (Coord.) (2011). *Aprendizagem social: diálogos e ferramentas participativas: aprender juntos para cuidar da água*. São Paulo: IEE. p. 61-83. URL: <https://repositorio.usp.br/item/002211557>. Acesso 21.10.2023.
- Santos, V. M. N., & Bacci, D. C. (2019). Educação e aprendizagem social para Geoconservação: proteção de serviços ecossistêmicos e governança ambiental na Macrometrópole Paulista. *Terræ Didática*, 15(Publ. Contínua), 1-8, e19047. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v15i0.8657587>.
- Semken, S., Ward, E. G., Moosavi, S., & Chinn, P. W. U. (2017). Place-Based Education in Geoscience: theory, research, practice and assessment. *Journal of Geoscience Education*, 65, 542-562. DOI: <https://doi.org/10.5408/17-276.1>.
- Signoretto, V. V., & Carneiro, C. D. R. (2015). As geociências e as tecnologias de informação e comunicação (TICs) na interface ensinar-aprender. *Terræ Didática*, 10(3), 466-473. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v10i3.8637365>.
- Silva, E., Sá, A. A., & Roxo, M. J. (2015). From Planet Earth to Society: A New Dynamic in Portugal concerning Geoscience Education and Outreach Activities. In: Peppoloni, S., & Di Capua, G. (Eds.). (2015). *Geoethics: the role and responsibility of geoscientists*. London: Geological Society, *Special Publication*, 419(1), 141-147. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP419.8>.
- Silva, M. L. N., Mansur, K. L., & Nascimento, M. A. L. (2018). Serviços ecossistêmicos da natureza e sua aplicação nos estudos da geodiversidade: uma revisão. *Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ*, 41(2), 699-709. DOI: [https://doi.org/10.11137/2018\\_2\\_699\\_709](https://doi.org/10.11137/2018_2_699_709).
- Soares D. B. (2016). *Formação Continuada de Professores em Geociências com Metodologias Participativas: contribuições à Educação para Geoconservação*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. (Dissert. Mestr.). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP2016.979105>.
- Toledo, M. C. M. (2005). Geociências no Ensino Médio Brasileiro. Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Geologia USP, Publ. Especial*, 3, 31-44. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v3i0p31-44>.

# Ensino de Ciências da Terra na educação básica com foco na aprendizagem do estudante

Gisele Francelino Miguel  
Celso Dal Ré Carneiro

O conhecimento de temas geocientíficos torna-se cada vez mais importante e urgente na sociedade atual. Autoridades de diversos países preocupam-se com a necessidade de engajar a população em atitudes responsáveis perante a influência das atividades humanas sobre as mudanças climáticas e o consumo sustentável dos recursos naturais. Dirigentes comprometidos com questões ambientais e com o ensino perceberam que a melhor maneira de sensibilizar as comunidades é difundir e debater conteúdos de Geociências desde a educação básica, sobretudo diante do fato de que as consequências da interferência humana nos ecossistemas naturais dividem-se em um espectro muito amplo: desde as que são plenamente previsíveis, até as evidentes e as que são ainda obscuras, “latentes, ocultas, ou mesmo impossíveis de se prever” (Martins & Carneiro, 2021). No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta a formulação de currículos, avaliações e materiais didáticos; sempre buscando conjugar e promover aprendizagens essenciais (Brasil, 2018). A BNCC estabelece dez competências gerais cujo objetivo é “fortalecer os direitos de aprendizagem e desenvolvimento dos estudantes” (Brasil, 2018). A norma define como competência a:

(...) mobilização do conhecimento (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).

As competências propostas pela BNCC buscam, principalmente, a equidade educacional; apesar das boas intenções, são gerais e descon sideram as questões socioeconômicas dos estudantes, os problemas

estruturais das escolas (instalações, por exemplo) e as heterogeneidades presentes na sala de aula (níveis de aprendizagem diversos e turmas multisseriadas), dentre outros fatores.

Outro agravante está no fato de que os temas geocientíficos são tratados de maneira fragmentada na educação básica brasileira, contidos principalmente na área de Ciências da Natureza e Geografia. A BNCC entende que essa área do conhecimento deve “desenvolver o letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico)” (Brasil, 2018) com o objetivo de despertar no estudante o exercício da cidadania (Fig. 1). No entanto, diversos autores, como Carneiro et al. (2004), Toledo (2005), Piranha & Carneiro (2009) e Costa (2013), discutem a necessidade do tratamento dos conteúdos de Geociências de forma integrada, inserindo os educandos em uma cultura geológica, para então alcançar o objetivo de formar cidadãos comprometidos com a conservação, a preservação e o uso consciente dos recursos naturais.

O ensino de qualidade e a aprendizagem profunda dependem de um conjunto ajustado que abrange a instituição como um todo, salas de aula e departamentos. Um sistema ruim é aquele em que seus componentes não estão em sintonia, e, portanto, não pode oferecer suporte a uma aprendizagem profunda. Assim, o trabalho do professor envolve a criação de um ambiente de sala de aula e o planejamento de atividades apropriadas para alcançar os resultados desejados de aprendizagem significativa ou profunda. Em síntese, é necessário alinhar todos os elementos pertinentes: currículo, método e resultados (Biggs, 2003). Em outro capítulo deste volume, os autores Barbosa & Carneiro (2023) apresentam algumas proposições didáticas que podem favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo em Geociências na educação básica, cujo contributo para a aprendizagem significativa é inegável.

Considerando que o professor deve, a priori, traçar os objetivos com a máxima clareza possível, os autores propõem que a Taxonomia de Bloom seja entendida como um recurso eficaz para planejamento e implementação das aulas, ao concentrar a atenção do docente no desenvolvimento da aprendizagem profunda, além de ser uma ferramenta útil para a elaboração de avaliações e testes (Miguel & Carneiro, 2020).

Este capítulo apresenta uma ferramenta pedagógica capaz de auxiliar o docente na organização de objetivos e uniformização de temas geocientíficos; em outras palavras, a ferramenta contribui para estabe-

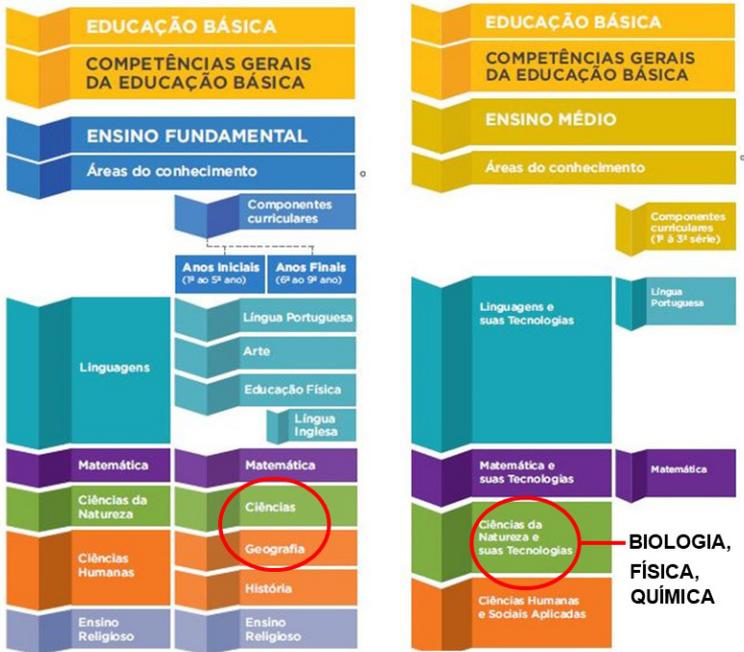


Figura 1. À esquerda, ensino fundamental, as disciplinas de Ciências (cor verde) e Geografia (cor laranja) concentram os conteúdos geocientíficos. À direita, ensino médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (cor verde) contém os temas de Geociências (Modif. Brasil, 2018, p. 27 e 32)

lecimento de metas, conteúdos essenciais e conexões entre os diversos anos do ensino básico, concentrando o trabalho na aprendizagem do aluno e na valorização de seu papel durante as atividades e as avaliações.

## Ensino baseado em objetivos de aprendizagem

A taxonomia é um campo de estudos bem conhecido devido ao seu uso na Biologia, cujo objetivo é organizar e classificar os seres vivos em grupos, de acordo com as semelhanças que partilham entre si. Isso facilita o conhecimento e a compreensão do mundo natural, além de dar maior precisão às pesquisas experimentais. De maneira similar, a classificação de objetivos educacionais busca oferecer aos profissionais da educação (professores, administradores e pesquisadores) um conjunto de recursos e técnicas para identificar, discutir e tratar problemas curriculares e de avaliação.

A ferramenta baseia-se na união de princípios metodológicos que identificam, organizam e estruturam as instruções, segundo as necessidades dos estudantes e finalidades estabelecidas pelos professores (Miguel & Carneiro, 2019). Em relação ao trabalho docente, a técnica permite otimizar o tempo disponível em sala de aula (já que os objetivos são pré-estabelecidos); também facilita a seleção de conteúdos, materiais e procedimentos de avaliação, pois os conhecimentos necessários para propiciar aprendizagem profunda já foram identificados. A taxonomia operacionaliza os processos mentais de aprendizagem envolvidos e, finalmente, permite realizar uma autoavaliação docente (Miguel et al., 2021).

Para a maioria dos professores o objetivo principal de seu trabalho é permitir que os estudantes adquiram conhecimento profundo ou significativo, no entanto, como alcançar essa meta baseado nos planos educacionais oferecidos pela instituição de ensino? Bloom et al. (1956) afirmam que, ao classificar os objetivos, o professor pode descobrir que o currículo que lhe foi oferecido alcança apenas a categoria de recordar um conhecimento (as categorias serão tratadas com detalhe adiante), neste caso, a sugestão é que o professor inclua em seu plano de trabalho categorias de aplicação e análise do conhecimento (assunto).

Para fazer uso da taxonomia de Bloom é necessário conhecer seus princípios básicos de construção e organização, para depois identificar e elaborar sua própria classificação baseada no currículo institucional oferecido. Este capítulo explicita a metodologia de trabalho, procurando estimular o uso prático pelo professor.

## ***Taxonomia de Bloom e propostas a ela vinculadas***

A ideia que deu origem ao sistema de classificação de objetivos educacionais conhecido como Taxonomia de Bloom surgiu em uma reunião informal da Convenção da Associação Americana de Psicologia, em 1948. Havia um consenso no grupo de que comportamentos individuais podem ser observados, descritos e classificados; a partir dessa premissa, os pesquisadores elaboraram uma taxonomia de acordo com três princípios: 1) **educacional**: visando à melhoria na comunicação entre educadores, 2) **lógico**: a classificação deveria definir os termos com precisão e usá-los de forma consistente, 3) **psicológico**: deveria haver coerência entre teoria e princípios psicológicos relevantes e aceitos. Por fim foi acordado, entre os membros do grupo, que a taxonomia

deveria ser neutra em relação aos princípios e filosofias educacionais, e permitir a inclusão de objetivos de todas as orientações educacionais (Bloom et al., 1956).

Algumas preocupações expressas pelo grupo foram as de que a taxonomia poderia eliminar o pensamento e o planejamento do currículo, ou seja, que a lista de objetivos induzisse os professores a selecionarem os itens que acreditassem ser aqueles que desejavam. Outra questão era a possível fragmentação e/ou eliminação de partes da proposta estabelecida no início do processo; por essa razão a taxonomia apresenta muitos níveis hierárquicos dentro de um mesmo objetivo (Bloom et al., 1956). No fim do processo, os pesquisadores estabeleceram três objetivos educacionais que foram denominados domínios, são eles: **Domínio Cognitivo**, **Domínio Afetivo** e **Domínio Psicomotor**. Cada um deles possui categorias e subcategorias. Os objetivos foram ordenados do simples ao complexo, do concreto ao abstrato, além disso, a taxonomia possui uma hierarquia cumulativa, na qual cada nível hierárquico é pré-requisito para atingir o próximo nível (Krathwohl, 2002).

O Domínio Cognitivo foi publicado no livro de 1956 e intitulado: *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain*. O Domínio Afetivo foi posteriormente desenvolvido e publicado em 1964 por Krathwold, Bloom & Masia, na obra *The Taxonomy of Educacional Objectives, Handbook II: The Affective Domain*. O Domínio Psicomotor nunca foi publicado pelo grupo original, porém Simpson (1966) e Harrow (1972) elaboraram propostas baseadas em suas práticas de trabalho, que são as mais bem conhecidas (Anderson et al., 2001).

Não houve grande repercussão na época em que a versão original da Taxonomia de Bloom (1956) foi apresentada, pois o termo era desconhecido em educação e seu potencial não foi compreendido. No entanto, à medida que os leitores viram seu potencial, a Taxonomia foi amplamente difundida e revisada (Krathwohl, 2002).

## Domínio Cognitivo

A Taxonomia original envolve como objetivos os conhecimentos, as competências e as habilidades intelectuais; nessa classificação enquadram-se a capacidade de lembrar, raciocinar, resolver problemas, formar conceitos e ter pensamento criativo (Bloom et al., 1956).

O Domínio Cognitivo possui seis categorias chamadas: **Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação**; exceto a categoria **Aplicação**, as demais possuem subcategorias. As categorias são ordenadas segundo um crescimento de complexidade de pensamento e uma hierarquia cumulativa, ou seja, cada categoria é pré-requisito para atingir a categoria posterior (Fig. 2 e 3, Tab.1) (Krathwohl, 2002).

Para estabelecer os resultados pretendidos, os objetivos são estruturados em termos de seu conteúdo (ou assunto) e a descrição do que o estudante deve estar apto a realizar com esse conhecimento (habilidades e competências). Para descrevê-los, faz-se uso de **substantivos e verbos**, sendo o primeiro relacionado ao conteúdo e o segundo ao processo cognitivo. Por exemplo; “ao final desta atividade você deve ser capaz de **reconhecer** padrões de referência de **escalas de mapas**”. A atividade aqui exemplificada situa-se na categoria 1 (conhecimento) e na subcategoria 3 (Conhecimento das formas e meios de lidar com especificidades) (Tab. 1).

O grupo de pesquisadores original sempre considerou a estrutura da Taxonomia um trabalho em desenvolvimento (Anderson et al., 2001), assim, em 2001, um novo grupo de pesquisadores, que vinham trabalhando desde 1998 em uma revisão da Taxonomia de Bloom, apresentou uma proposta no livro intitulado *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, baseada na estrutura original e supervisionada por David Krathwohl, que havia participado da proposta de 1956 (Ferraz & Belhot, 2010).

Na proposta de 1956, o objetivo não elucidado como será feita a verificação da aprendizagem, isto é, as categorias são especificadas

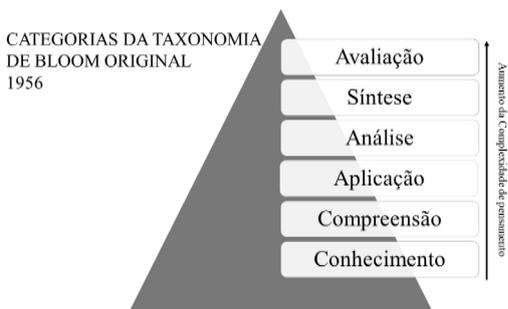


Figura 2. Domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom original, de 1956

Tabela 1. Estrutura das categorias e subcategorias do Domínio Cognitivo da Taxonomia original de Bloom e colaboradores (1956). Fonte: baseado em Anderson et al. (2001)

Categorias e subcategorias do Domínio Cognitivo						
categorias	Conhecimento	Compreensão	Aplicação	Análise	Síntese	Avaliação
Subcategorias	Terminologias	Tradução		Elementos	Produção de uma comunicação única	Avaliação em termos de evidências internas
	Fatos específicos	Interpretação		Relações	Produção de um plano ou conjunto proposto de operações	Julgamentos em termos de critérios externos
	Conhecimento das formas e meios de lidar com especificidades	Extrapolação		Análise dos princípios organizacionais	Derivação de um conjunto de relações abstratas	
	Convenções					
	Tendências e sequências					
	Classificação e categorias					
	Critério					
	Metodologia					
	Conhecimento universal e abstrações em um determinado campo					
	Princípios e generalizações					
Teorias e estruturas						

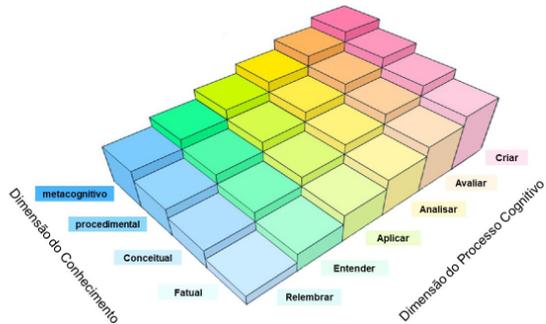


Figura 3. Domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom revisada. Cada bloco colorido, da dimensão do processo cognitivo, refere-se a um objetivo de aprendizagem. A dimensão do conhecimento indica o nível de complexidade do processo cognitivo. Os objetivos envolvem as duas dimensões, que formam células; quanto mais alto o bloco, maior a complexidade de pensamento (Heer, 2012)

por várias subcategorias, o que fornece uma visão unidimensional do conhecimento (Krathwohl, 2002, Ferraz & Belhot, 2010). Na proposta de 2001, os autores desmembraram a categoria conhecimento (categoria 1 da proposta original, ver Tab.1) em duas dimensões separadas; o substantivo passa a ser a base da categoria conhecimento e o verbo forma a base para a dimensão do processo cognitivo (Fig. 3, Tab. 2) (Krathwohl, 2002). Retomando o objetivo do exemplo anterior: “ao final desta atividade você deve ser capaz de **reconhecer** padrões de referência de **escalas de mapas**”, observa-se que o verbo reconhecer pertence à categoria 1 da dimensão do processo cognitivo (Relembrar), enquanto o substantivo mapas estaria vinculado à categoria fatural da dimensão do conhecimento (conhecimento de um elemento específico chamado mapa); em suma, o objetivo dessa tarefa estaria no campo de uma aprendizagem básica (Fig. 3 e Tab. 2).

## Domínio Afetivo

Em 1964, Krathwold, Bloom & Masia apresentaram o domínio afetivo da Taxonomia de Bloom; no livro, os autores apresentaram as categorias para o domínio afetivo e também discutiram o vínculo entre os domínios cognitivo e afetivo (Miguel et al., 2021), no entanto, essa publicação recebeu pouca atenção. Segundo Gable & Wolf (1993), até a década de 1970, muitos educadores entendiam que as preocupações afetivas não cabiam à escola e sim ao ambiente doméstico ou religioso; por outro lado, havia educadores que entendiam que as questões afetivas eram consequência natural dos resultados atingidos no domínio cognitivo.

Simplificadamente, o domínio afetivo está associado a emoções, crenças e valores do indivíduo frente ao que lhe é apresentado (Miguel & Carneiro, 2019). Assim como no domínio cognitivo, as categorias do domínio afetivo (tab.3) devem ser hierarquizadas e organizadas ao longo de um *continuum* (sem interrupções) de internalização do mais baixo para o mais alto (Krathwold et al., 1964). Os resultados dos objetivos do domínio afetivo podem orientar emoções referentes à escola, ao envolvimento em atividades, sentimentos (por exemplo, sucesso e autoestima) e padrões (valores) (Gable & Wolf, 1993).

A categoria chamada **Recepção** possui três subcategorias que indicam níveis diferentes de atenção, partindo de um papel extremamente passivo por parte do aluno, no qual a única responsabilidade pela recordação do comportamento recai sobre o professor; a responsabilidade é

Tabela 2. Estrutura das duas dimensões do Domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom revisada. Fonte: baseado em Krathwohl (2002)

Domínio Cognitivo Revisado	Dimensão do Conhecimento	<b>Fatual</b>	Os elementos básicos que os alunos devem saber para estar familiarizado com uma disciplina	Detalhes específicos	Elementos, terminologias
		<b>Conceitual</b>	Interrelacionar elementos básicos de uma estrutura maior	Princípios e generalizações	Teorias, modelos, estruturas
		<b>Procedimental</b>	Habilidades de usar métodos de investigação para um determinado assunto	Habilidades específicas de métodos e técnicas	Conhecimento dos critérios para determinar quando usar procedimentos apropriados
		<b>Metacognitivo</b>	Conhecimento e consciência de sua própria cognição	Conhecimento de tarefas cognitivas (contextual e condicional)	Autoconhecimento
	Dimensão do processo cognitivo	<i>Relembrar</i>	Recuperação de conhecimento da memória de longo prazo	Reconhecer	Relembrar
		<i>Entender</i>	Determinação do significado de mensagens instrucionais	Interpretar, classificar	Sumarizar, comparar, explicar
		<i>Aplicar</i>	Uso de procedimentos em uma determinada situação	Executar	Implementar
		<i>Analisar</i>	Detectar e relacionar partes com um todo e a uma estrutura geral	Diferenciar, organizar	Atribuir
		<i>Avaliar</i>	Julgar baseado em critérios e padrões	Usar senso crítico	Verificar
		<i>Criar</i>	Dispor elementos juntos para compor um enredo	Generalizar, planificar	Produzir

testada pelo docente, a fim de “capturar” a atenção do aluno. O *continuum* se estende a um ponto em que o aluno dirige sua atenção de um nível semiconsciente até estímulos preferidos (Krathwold et al., 1964).

A categoria chamada **Resposta** possui três subcategorias e os objetivos estão voltados a um retorno que vai além de meramente atender a um fato. Nessa categoria, o aluno está suficientemente motivado a participar ativamente (Krathwold et al., 1964).

Na categoria chamada Valorização, os objetivos são produtos sociais, lentamente internalizados ou aceitos, os quais são usados como critério de valor do indivíduo (Krathwold et al., 1964). Assim como nas categorias anteriores, também há três subcategorias, que variam de uma simples aceitação de um valor, até a convicção em determinado valor (nível mais alto); por exemplo: o docente terá sua tarefa dificultada quando os valores sociais internalizados do estudante forem inconsistentes ou divergentes dos que o professor tenta ensinar.

A categoria chamada **Organização** busca classificar os objetivos que descrevem os primórdios da construção de um sistema de valores. Assim, à medida que o estudante internaliza sucessivamente os valores, encontra situações para as quais mais de um valor é relevante. Logo, surge a necessidade de: (A) organizar os valores em um sistema, e (B) determinar as inter-relações entre eles (Krathwold et al., 1964).

Tabela 3. Estrutura das categorias e subcategorias do Domínio Afetivo da Taxonomia de Bloom. Fonte: baseada na proposta de Krathwohl et al. (1964)

Categorias e subcategorias do Domínio Afetivo			
Categorias	Subcategorias		
1. <b>Recepção</b>	Consciência	Disposição para receber	Atenção regulada ou seletiva
2. <b>Resposta</b>	Assentimento em responder	Disposição para responder	Satisfação em responder
3. <b>Valorização</b>	Aceitação de valor	Preferência por um valor	Convicção
4. <b>Organização</b>	Conceitualização de um valor	Organização de um valor	
5. <b>Caracterização</b>	Dados generalizados (associados a como um indivíduo lida com seus problemas)	Caracterização por valores (comportamento baseado nos princípios éticos e filosofia de vida)	

A quinta e última categoria, chamada, normalmente, de **Caracterização**, abrange as ações consistentes dos indivíduos de acordo com valores internalizados. Nessa categoria, os valores são organizados em algum tipo de sistema internamente consistente; a recordação do comportamento não mais desperta emoção ou afeto, exceto quando o indivíduo é ameaçado ou desafiado. Segundo os próprios autores da Taxonomia original, raramente visões de objetivos educacionais são fixados nesse nível, já que exigem uma maturidade que comumente não se atinge antes do final da educação formal (Krathwold et al., 1964).

## Domínio Psicomotor

A palavra **movimento** está associada a uma ação externa e observável, enquanto o termo **motor** refere-se a um impulso interno que responde a um estímulo (Harrow, 1972). O Domínio Psicomotor diz respeito às aptidões motoras, manipulações de materiais e objetos, ou algum ato que requer destreza neuromuscular (Simpson, 1966), enfatizando que o último é essencial para o desenvolvimento das demais competências. Esse Domínio tem como objetivo proporcionar uma experiência significativa, focada no desenvolvimento psicomotor dos estudantes, possibilitando ao educador identificar e classificar comportamentos por meio de estratégias e instruções apropriadas (Harrow, 1972). Os objetivos das categorias são expressos em termos de competências e habilidades (Simpson, 1966).

O grupo que elaborou a Taxonomia de Bloom para os Domínios Cognitivo e Afetivo não publicou uma proposta para o Domínio Psicomotor, no entanto há várias propostas, das quais as mais conhecidas são: Simpson (1966), Dave (1970) e Harrow (1972) (Tab. 4). Neste capítulo, apresentaremos as propostas de hierarquização dos três autores citados, no entanto a proposta de Davis (1970) foi escolhida para tratar de conteúdos de Geociências.

A Taxonomia de Simpson (1966) pode ser utilizada para avaliar uma habilidade motora específica que o estudante esteja tentando apreender. A primeira categoria, chamada **Percepção**, diz respeito a fase em que o indivíduo toma consciência da atividade motora (estímulos sensoriais, por exemplo). A segunda categoria é a prontidão em oferecer uma resposta ao estímulo, chamada **Disposição**. A terceira categoria chamada **Resposta Guiada** refere-se ao ato comportamental quanto à orientação do educador; devido à novidade, o indivíduo tende a imitar esse estímulo por tentativa e erro. Na próxima categoria, o aluno alcançou habilidade na

Tabela 4. Hierarquias propostas por diversos autores para o Domínio Psicomotor

<b>Taxonomia do Domínio Psicomotor</b>	
Simpson (1966)	Percepção
	Ajuste
	Resposta Guiada
	Mecanismo
	Resposta complexa clara
Dave (1970)	Imitação
	Manipulação
	Precisão
	Articulação
	Naturalização
Harrow (1972)	Movimento por reflexo (estímulos)
	Movimentos básicos fundamentais
	Habilidades perceptuais
	Habilidades Físicas
	Movimento habilidoso
	Comunicação não discursiva

execução do ato; essa categoria é chamada **Mecanismo**. Por fim, tem-se a categoria chamada **Resposta Complexa Clara**; nessa fase, o estudante alcançou um alto grau de habilidade, o que lhe permite a resolução de incertezas de forma natural (automática) (Simpson, 1966; Harrow, 1972).

A proposta de Dave (1970) apresenta cinco categorias. Na primeira fase (Categoria **Imitação**), o estudante aprende por meio de observação e reprodução de um estímulo. Na segunda fase, chamada **Manipulação**, as *performances* se dão por memorização e acompanhamento de instruções do educador. Na fase três (Categoria **Precisão**), as habilidades de manipulação trabalhadas anteriormente tornam-se mais precisas. Em seguida (Categoria **Articulação**), o estudante é capaz de realizar diversas habilidades motoras em harmonia. Por fim, na Categoria **Naturalização**, as habilidades estão no mais alto nível e ações que requerem o seu uso são realizadas com naturalidade.

No trabalho de Harrow (1972), o processo de aprendizagem inicia-se com estímulos involuntários (Categoria **Movimentos por Reflexo**) considerados essenciais. Em seguida, a Categoria Chamada **Movimentos Básicos Fundamentais**, como o próprio nome diz, refere-se a resposta ao estímulo; nessa fase, os educadores podem observar movimentos incomuns (fora do padrão) em seus alunos. Na categoria chamada **Habilidades Perceptivas**, a capacidade de entendimento do aluno o auxilia na interpretação dos estímulos, permitindo-lhe fazer ajustes necessários em seu ambiente; essa categoria é essencial para o desenvolvimento do estudante nos três domínios (cognitivo, afetivo e psicomotor). A quarta fase é a Categoria das **Habilidades Físicas** essenciais para o estudante conhecer as demandas impostas a ele e ao ambiente. A Categoria chamada **Movimento Habilidade** possui subcategorias que correspondem a níveis de proficiência em uma determinada competência apresentada pelo professor, que variam de uma fase iniciante a avançado. A Categoria chamada **Comunicação Não Discursiva** trata das percepções que o educador pode adquirir por meio da linguagem corporal do aluno e a partir dessa informação elaborar estratégias de aprendizagem mais significativas para aquele estudante em particular (Harrow, 1972)

## Proposta prática para a elaboração de objetivos

Biggs & Collis (1982) ponderam que cabe ao estudante aprender sobre fatos, dados, conceitos, habilidades e fazer uso dessas aptidões para realizar tarefas, resolver problemas e fazer julgamento; no entanto, a qualidade da aprendizagem depende de recursos externos (como a estratégia e a qualidade da instrução) e internos (como motivação, conhecimento prévio e estágio de desenvolvimento) do aluno. Em resumo, os conteúdos, tarefas e avaliações devem estar ajustados para ajudar os discentes a atingir os mais altos níveis cognitivos (Miguel et al., 2021).

No processo de obtenção de aprendizagem profunda, o material escolar pode ser potencialmente significativo, mas não é por si só responsável pela obtenção de novos significados (Ausubel, 2000), ou seja, o simples fato de a escola oferecer boas instalações e materiais didáticos de qualidade não é suficiente para alcançar altos níveis de aprendizagem. O professor tem o importante papel de estabelecer o que se deve ensinar e como ensinar, deve refletir sobre a disciplina que ministra e

determinar objetivos para ela, selecionando o que é mais importante e conexo com os anos subsequentes, já que não há tempo, em sala de aula, para se abordar todo o conteúdo da grade curricular.

O processo de ensino e avaliação devem estar integrados, para incentivar os estudantes a aprenderem no mais alto nível cognitivo (Biggs, 2003); nesta proposta o desenho curricular otimiza as condições para uma aprendizagem de qualidade. O autor apresenta quatro etapas para alcançar o alinhamento: 1) definição de resultados de aprendizagem pretendidos, 2) escolha de atividades de ensino/aprendizagem que atendam aos resultados definidos, 3) avaliar os resultados reais de aprendizagem dos estudantes, observando se os resultados pretendidos foram atingidos e 4) estabelecer uma nota final (já que a maioria das escolas utiliza notas para critérios de aprovação ou reprovação).

Diante de tantas etapas, como o professor pode estabelecer os objetivos pretendidos em sua disciplina? já que precisa seguir o conteúdo curricular geral proposto pela BNCC.

Para iniciar o processo de construção dos objetivos, a Taxonomia de Bloom revisada por Anderson et al. (2001) apresenta quatro perguntas que permitem uma reflexão e contribuem com a elaboração e a organização dos objetivos:

1. **Referente à aprendizagem:** Quais são os principais conteúdos que devo apresentar aos alunos no tempo disponível em sala de aula?
2. **Referente à instrução:** Como posso planejar e fornecer instruções que resultem em altos níveis de aprendizado?
3. **Referente à avaliação:** Quais conteúdos, materiais e procedimentos de avaliação posso usar em provas e atividades práticas para promover aprendizagem significativa?
4. **Referente ao alinhamento:** Como garantir que os objetivos, as tarefas e as avaliações sejam consistentes?

Responder às perguntas acima não é tarefa fácil pois exige uma análise crítica sobre o currículo proposto pela escola, uma avaliação do próprio trabalho docente e da maneira como se vem conduzindo

a disciplina. Porém, tal reflexão será de grande valia no momento de estabelecer objetivos pretendidos para a disciplina.

Após essa etapa, é o momento de trabalhar com as tabelas da Taxonomia de Bloom, de preferência nos três domínios: cognitivo, afetivo e psicomotor; assim, serão três tabelas a serem preenchidas. Cada tabela apresenta quatro colunas: **Tipo de Aprendizagem, Categoria, Verbos Associados e Objetivos** (Tabs. 5, 6 e 7).

As colunas *Categoria* e *Verbos Associados* devem ser preenchidas previamente, de acordo com o que cada categoria representa (Tab.5, Tab.6, Tab.7). Para preencher a coluna *Categoria* é possível escolher o autor que mais se adequa ao trabalho do docente. Por exemplo: usar a tabela da Taxonomia de Bloom original, de 1956 (Tab.1 e Tab.5), ao invés da tabela revisada por Anderson e colaboradores em 2001 (Tab.2). A coluna *Verbos Associados* auxiliará na hora de elaborar os objetivos pretendidos, já que os verbos indicam quais habilidades são esperadas.

Na primeira coluna, chamada *Tipo de Aprendizagem*, o professor escolherá se a *Categoria* (segunda coluna) se refere a uma instrução básica ou avançada de sua matéria. A escolha do tipo de aprendizagem pode ser estabelecida de acordo com o número que conhecimentos

Tabela 5. Itens da Taxonomia de Bloom original para preenchimento do Domínio Cognitivo (apenas a dimensão do processo cognitivo)

<b>Taxonomia de Bloom revisada – Domínio Cognitivo</b>			
Tipo de aprendizagem (superficial ou profunda)	Categoria	Verbos associados	Objetivos
	1. Lembrar	conhecer, identificar, recordar	
	2. Entender	interpretar, exemplificar, explicar	
	3. Aplicar	executar, implementar, ilustrar	
	4. Analisar	diferenciar, organizar, atribuir	
	5. Avaliar	verificar, testar, investigar	
	6. Criar	generalizar, planificar, produzir	

Tabela 6. Itens da Taxonomia de Bloom para preenchimento do Domínio Afetivo

<b>Taxonomia de Bloom – Domínio Afetivo</b>			
Tipo de aprendizagem (superficial ou profunda)	Categoria	Verbos associados	Objetivos
	1.Recepção	sensibilizar, receber, atender	
	2.Resposta	responder, participar, dispor-se	
	3.Valorização	aceitar, preferir, dedicar-se	
	4.Organização	conceitualizar, organizar	
	5.Caracterização	generalizar, internalizar	

Tabela 7. Itens da Taxonomia de Bloom para preenchimento do Domínio Psicomotor, com as categorias propostas por Dave (1970)

<b>Taxonomia de Bloom – Domínio Psicomotor</b>			
Tipo de aprendizagem (superficial ou profunda)	Categoria	Verbos associados	Objetivos
	1.Imitação	observar, replicar	
	2.Manipulação	memorizar, manipular	
	3.Precisão	associar, identificar, executar	
	4.Articulação	conhecer, desenvolver, gerenciar	
	5.Naturalização	criar, construir	

prévios que o estudante necessita para atingir aquele nível. Por exemplo, se for um conteúdo novo, o estudante viverá a experiência de um primeiro contato com o assunto, e assim estará em uma categoria mais baixa e desenvolverá uma aprendizagem superficial. Importante frisar que se a disciplina ministrada pelo docente pertence aos anos iniciais do ensino fundamental dificilmente a aprendizagem atingirá níveis profundos, o que é natural, já que o assunto é novidade e introdutório; o importante é criar objetivos que permitam ao estudante

realizar conexões futuras com o que foi aprendido. Em resumo, a aprendizagem superficial é importante e essencial para o aprendiz desenvolver competências de maneira adequada.

A quarta coluna chamada *Objetivos* é aquela em que o docente explicita o que ele espera que o estudante aprenda naquele estágio (objetivos pretendidos) e pode ser preenchida para o curso como um todo, para cada atividade que será aplicada, para avaliações etc.

Para melhor exemplificar o uso das tabelas, a seguir há um exemplo de objetivos estabelecidos para uma atividade específica no Domínio Cognitivo, referente à disciplina de Ciência, compatível com uma turma do primeiro ano do ensino fundamental, cujo tema é *Terra e Universo* e o objetivo de conhecimento estabelecido pela BNCC é ensinar sobre a escala do tempo (Tab. 8).

Pode parecer embrionário, mas essa unidade temática tem elo com Ciências da Terra, já que trata da escala de tempo. Aprender que há períodos diários e intervalos que medem a duração de cada etapa do dia remove o conhecimento subjetivo sobre tempo e espaço e apresenta ao aluno um contato com a mensuração de tempo na escala e percepção humana. Essa fase de aprendizagem bem aproveitada auxiliará o estudante no entendimento da escala cósmica e do Tempo Geológico.

A atividade simplificada (Fig. 4), ainda que aparentemente simplória, permite estabelecer objetivos e observar a aprendizagem. Tal análise

Tabela 8. Tema, objetivos de conhecimento e habilidades pretendidas, estabelecidos pela BNCC, para estudantes de Ciência do 1º Ano do Ensino Fundamental (Brasil, 2018, p. 332-333)

<b>Ciência, 1º Ano</b>		
<b>Unidade Temática</b>	<b>Objetivo de conhecimento</b>	<b>Habilidades</b>
Terra e Universo	Escala de tempo	(EF01CI05) Identificar e nomear diferentes escalas de tempo: os períodos diários (manhã, tarde, noite) e a sucessão de dias, semanas, meses e anos.
		(EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.

### Rotinas diárias

Em que período do dia você realiza estas atividades? Marque com um X a alternativa correta.

<p><i>Estudar</i></p> 	<p><i>Brincar</i></p> 	<p><i>Dormir</i></p> 
<p><input type="checkbox"/> Manhã</p> <p><input type="checkbox"/> Tarde</p> <p><input type="checkbox"/> Noite</p>	<p><input type="checkbox"/> Manhã</p> <p><input type="checkbox"/> Tarde</p> <p><input type="checkbox"/> Noite</p>	<p><input type="checkbox"/> Manhã</p> <p><input type="checkbox"/> Tarde</p> <p><input type="checkbox"/> Noite</p>

Modificado de <https://educacaoetransformacaooficial.blogspot.com/2020/06/apostila-atividades-remotas-1-ano.html?m=1>

Figura 4. Exemplo de atividade na temática Terra e Universo

pode ser realizada durante a correção da atividade, por meio das respostas dos alunos, as quais mostrarão se os objetivos estipulados foram alcançados. Elaborar objetivos para tarefas e avaliar se foram alcançados é o caminho mais adequado para que o professor obtenha informações relevantes acerca da condução das aulas, da aprendizagem da turma, ou mesmo sobre avaliações individuais. No exemplo particular, o professor pode estabelecer objetivos na tabela da Taxonomia de Bloom nas categorias *relembrar* (conhecer, identificar) e *entender* (exemplificar) (Tab. 9).

## Discussão

Uma aprendizagem de qualidade deve ser o objetivo fundamental para educadores e pesquisadores, à medida que a sociedade aprofunda os laços com a economia do conhecimento, na qual a produtividade não se baseia apenas no trabalho árduo e repetitivo, mas na maneira com que o indivíduo lida com questões complexas (Kirby & Lawson, 2012). O desenvolvimento das funções executivas (atenção, percepção, planejamento, metacognição etc.) vai além do treinamento no ambiente escolar.

Atualmente, as tecnologias digitais (*smartphones*, *tablets*, computadores) estão presentes em boa parte do dia a dia de crianças e adolescentes. Cosenza & Guerra (2011) discutem que essas tecnologias disponibilizam uma infinidade de informações; no entanto, as conclusões a que os jovens chegam não são questionadas, em termos de valores sociais, comportamen-

Tabela 9. Objetivos estabelecidos (em negrito) para uma atividade específica – escala de tempo, de acordo com a Taxonomia de Bloom, para o Domínio Cognitivo. Fonte: elaborada pelos autores

<b>Tipo de aprendizagem (superficial ou profunda)</b>	<b>Categoria</b>	<b>Verbos associados</b>	<b>Objetivos</b>
<b>superficial</b>	<b>1. Relembrar</b>	conhecer, identificar, recordar	<b>conhecer dia, tarde e noite</b>
<b>superficial</b>	<b>2. Entender</b>	interpretar, exemplificar, explicar	<b>exemplificar atividades de cada período</b>
não observado	3. Aplicar	executar, implementar, ilustrar	não se aplica
não observado	4. Analisar	diferenciar, organizar, atribuir	não se aplica
não observado	5. Avaliar	verificar, testar, investigar	não se aplica
não observado	6. Criar	generalizar, planificar, produzir	não se aplica

tais e éticos, uma vez que não se exige um raciocínio crítico em relação às informações veiculadas (Barbosa & Carneiro, 2023).

Diante desses desafios, as instituições educacionais devem garantir que métodos apropriados sejam empregados e metas sejam definidas para maximizar a qualidade da aprendizagem. Tais realizações dependem do conhecimento sobre a natureza da aprendizagem de alta qualidade e os fatores que a afetam. Atividades instrucionais como cumprir tarefas ou fazer provas, ouvir o professor, realizar um experimento, são meios pelos quais pode-se alcançar objetivos mas, isoladamente, a atividade instrucional ou um teste não constituem um objetivo em si. Para determinar o objetivo educacional, deve-se buscar o conhecimento e os processos cognitivos que os alunos devem aprender ou possuir para serem aprovados em testes (objetivos de avaliações) (Anderson et al., 2001).

## Considerações Finais

O uso da Taxonomia de Bloom pode estimular mudanças de postura e, ao mesmo tempo, maximizar uma aprendizagem profunda, pois permite classificar objetivos curriculares e itens de testes para mostrar graus de amplitude, maiores ou menores, em todo o espectro de categorias. Os objetivos de aprendizagem, muitas vezes, priorizam um ensino quantitativo, voltado a exposição de conteúdos e cobrança de conhecimento de fatos, em detrimento do desenvolvimento de um raciocínio crítico e interdisciplinar.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado à primeira autora.

## Referências

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airisian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., & Wittrock, M. C. A. (2001). *Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. USA: Addison Wesley Longman, Inc. (ISBN 0-321-08405-5).
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. New York, USA: Springer-Science+Business Media Dordrecht. (ISBN 978-94-015-9454-7).
- Biggs, J. B. (2003). *Teaching for quality learning at university*. 2 ed. Buckingham: Open University Press/Society for Research into Higher Education.
- Biggs, J. B., Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning: the SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. USA: Academic Press. (ISBN 0-12-097550-5).
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives, Handbook I: Cognitive Domain*. 2 ed, New York, USA: Addison-Wesley Longman Ltd.
- 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](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf). Acesso 10.10.2023.
- 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: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2004344553560>.

- Costa, S. A. (2013). *O reconhecimento das Geociências na educação básica: uma proposta de material pedagógico para professores do Distrito Federal*. Brasília: Universidade de Brasília. (Trab. Concl. Curso, Licenciatura em Ciências Naturais).
- Cosenza, R. M., & Guerra, L. B. (2011). *Neurociência e Educação: como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed. (ISBN 978-85-363-2548-4).
- Dave, R. H. (1970). Psychomotor levels. In: Armstrong, R. J. (Ed.). (1970). *Developing and writing educational objectives*. Tucson: Educational Innovators Press.
- Gable, R. K., & Wolf, M. B. (1993). *Instrument development in the affective domain: measuring attitudes and values in corporate and school settings*. 2 ed. New York, USA: Springer Science+ Business Media, LLC.
- Ferraz, A. P. C. M., Belholt, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. São Carlos, SP, *Gest. Prod.*, 17(2), 421-431.
- Harrow, A. J. (1972). *A Taxonomy of the Psychomotor Domain: A Guide for developing Behavioral Objectives*. New York and London: Longman Inc.
- Heer, R. (2012). *A model of learning objectives: based on A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Iowa State University. URL: <https://www.celt.iastate.edu/wp-content/uploads/2015/09/RevisedBloomsHandout-1.pdf>. Acesso 10.10.2023.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-218. DOI: [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2).
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., & Masia, B. B. (1964). *Taxonomy of Educational Objectives. The Classification of Educational Goals: Handbook II: Affective Domain*. New York, USA: David McKay Co. Inc. 220p.
- Kirby, J. R. & Lawson, M. J. (2012). *Enhancing The Quality of Learning: Dispositions, Instructions and Learning Processes*. 1<sup>st</sup> Ed. Cambridge.
- Martins, J. R. S. & Carneiro, C. D. R. (2021). Autoformação em Geociências: aprendizado permanente e temporalidade na imersão sociedade-natureza. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), 1-11, e021046. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8667331>.
- Miguel, G. F., Carneiro, C. D. R., & Gonçalves, P. W. (2021). Alinhamento Cognitivo e Ensino Remoto: o caso do Tempo Geológico em uma disciplina de geologia introdutória. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), 1-13, e021048. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8667540>.
- Miguel, G. F., & Carneiro, C. D. R. (2020). *Atividade prática oferecida aos professores do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA)*. Belém, UFPA. (Texto inédito, mar. 2020).
- Miguel, G. F., & Carneiro, C. D. R. (2019). Taxonomia de Bloom como instrumento no ensino-aprendizagem de projeção estereográfica em Geologia. *Terræ Didática*, 15(Publ. contínua), e019041. (Anais IX Simp. Nac. Ens. Hist. Ciências da Terra / EnsinoGEO-2019 – Geoética: respeito à Terra e ao lugar onde vivemos. Campinas, SBGeo, 2019). DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v17i00.8667331>.

- Piranha, J. M., & Carneiro, C. D. R. (2009). O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. *Revista Brasileira de Geociências*, 39(1), 129-137. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2009391129137>.
- Simpson, E. J. (1966). *The classification of Educational Objectives: Psychomotor Domain*. University of Illinois Research Project, v. 5, p. 85-104.
- Toledo, M. C. M. de. (2005). Geociências no ensino médio brasileiro. Análise dos parâmetros curriculares nacionais. *Geologia USP, Sér. Didát. Publ. Esp.*, 3, 31-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v3i0p31-44>.

# Perguntas no ensino de Geociências: utilizando origamis para falar sobre Paleontologia

Rafael A. Ribeiro  
Carolina Zabini

Dentre os vários desafios que os professores enfrentam em sala de aula e na escola, talvez um dos maiores seja despertar o interesse de seus alunos para o conhecimento. Diferentes metodologias de ensino podem ser utilizadas para chamar a atenção dos discentes, e as metodologias ativas de ensino contextualizado têm sido cada vez mais valorizadas (Diesel et al., 2017).

Os docentes das áreas de Ciências da Natureza (Biologia, Física, Geologia, Química, dentre outros) têm uma vantagem, pois trabalham com assuntos que naturalmente despertam a curiosidade das pessoas, como o funcionamento e a organização da natureza, do universo, do corpo humano e de outros seres vivos, além do desenvolvimento de tecnologias. Esses são, inclusive, alguns dos objetos de conhecimento nas atuais unidades temáticas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018). Entretanto, por mais fascinante que um assunto seja, a metodologia de ensino adotada pelo professor em sala de aula é item fundamental para provocar os estudantes e envolvê-los no processo de aprendizagem. Cabe, então, ao professor, conforme sua experiência e seu conhecimento das turmas em que leciona, estabelecer os meios e temas mais motivadores ao seu público.

Neste capítulo, faremos algumas considerações sobre as possíveis estratégias para o ensino de ciências e traremos um exemplo de organização de aula, visando auxiliar os professores a encontrar formas de incluir em suas aulas, de forma significativa, os assuntos das Geociências.

## Questão Disparadora: um problema sem solução?

Como envolver os alunos durante as aulas? Como promover situações em que a aprendizagem possa ocorrer? A resposta para as perguntas

é permeada pelas práticas interdisciplinares e pelas metodologias ativas de ensino. Movimentos como o STEAM<sup>1</sup>, por exemplo, têm contribuído para colocar os estudantes no centro de seus processos de ensino e aprendizagem, promovendo uma educação que vai além dos conceitos, desenvolvendo também valores, competências e habilidades necessárias para formação de um cidadão capaz de atuar de forma ativa e responsável na sociedade (Bacich & Holanda, 2020). No mesmo sentido, práticas como a sala de aula invertida, ensino híbrido, aprendizagem baseada em projetos ou em situações problemas possibilitam outros modos de envolver os alunos ao pensar as atividades escolares além da tradicional aula expositiva (Valente, 2018). Entretanto, o professor, para tirar proveito dessas metodologias, necessita saber elaborar boas perguntas que atuem como elemento propulsor dessas práticas, que funcionem como ferramenta de motivação ao trabalho dos alunos e estimulem sua curiosidade, reflexão e desejo de aprender.

Segundo Freire & Faundez (1985), a primeira coisa que o professor deveria aprender é saber perguntar:

Saber perguntar-se, saber quais são as perguntas que nos estimulam e estimulam a sociedade. Perguntas essenciais, que partam da cotidianidade, pois é nela onde estão as perguntas. Se aprendêssemos a nos perguntar sobre nossa própria existência cotidiana, todas as perguntas que exigissem resposta e todo esse processo pergunta-resposta, que constitui o caminho do conhecimento, começariam por essas perguntas básicas de nossa vida cotidiana, desses gestos, dessas perguntas corporais que o corpo nos faz, como você diz. (Freire & Faundez, 1985, p.25).

Chamamos a atenção, então, para a importância da reflexão crítica sobre o ato de perguntar como meio de gerar subsídios para as intervenções em sala de aula. Nessa perspectiva, entendemos que também se faz necessário ao professor saber reconhecer e compreender a vasta variedade de formas e funções que as questões podem adquirir nas interações professor-aluno.

A Tabela 1 apresenta uma classificação para as perguntas realizadas em sala de aula com foco na intenção do professor ao formular tais questões.

---

1 STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Design and Mathematics*) refere-se ao desenvolvimento do currículo das áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes, Design e Matemática por meio de projetos e práticas interdisciplinares em situações concretas.

Tabela 1. Classificação das perguntas conforme o propósito do professor. Fonte: Ainley (1988)

Categoria	Subcategoria	Característica	Propósito
Pseudo-perguntas	-	Perguntas que requerem a confirmação dos alunos. Ex.: Não é verdade? Não achas?	Manter o contato entre o questionador e os questionados, mantendo um certo envolvimento.
Perguntas genuínas	-	O questionador não conhece a resposta.	Obter informações.
Perguntas de exame ( <i>testing</i> )	-	O questionador sabe a resposta e o questionado sabe disso.	Saber se o questionado possui uma determinada informação.
Pergunta orientadora ( <i>directing</i> )	Pergunta Estruturadora	O questionador pode ou não saber a resposta e o questionado tem ou não consciência disso.	Levar o questionado a refletir mais sobre o problema.
	Pergunta aberta		
	Pergunta de verificação		

As perguntas orientadoras ainda se dividem em três subcategorias:

- **Perguntas estruturadoras (*structuring*)**: sequências de perguntas que permitem mobilizar o conhecimento prévio do aluno de forma a estabelecer novas ligações;
- **Perguntas abertas (*opening-up*)**: perguntas que sugerem aos alunos novas áreas de exploração, fomentando a investigação na aula. Ex.: “O que é que pode acontecer se ...?” ou “Por que é que pensas que’...?”;
- **Perguntas de verificação (*checking*)**: perguntas que visam encorajar os alunos a refletir mais sobre uma afirmação. Ex.: “Tens a certeza?”, “Isto está certo?” ou “Concordas com isto?”.

Menezes (1995) discute como tais categorias de perguntas podem, em diferentes contextos: (1) traduzir pedidos genuínos de informação; (2) objetivar o controle de conhecimentos a serem trabalhados; (3) proporcionar situações para que o aluno adquira novos conhecimentos ou desenvolva determinadas capacidades; (4) ou não traduzir qualquer solicitação de resposta verbal, correspondendo apenas a pedidos ou ordens do professor aos alunos travestidos de perguntas.

Assim, alguns tipos de perguntas tornam-se mais adequados para determinadas situações que outros. Por exemplo, ao introduzir um novo assunto, o professor pode lançar mão de perguntas estruturadoras, pois ao mesmo tempo em que elas o auxiliam a reconhecer o que os alunos

já sabem sobre o tema também permitem que os próprios estudantes percebam suas concepções iniciais, facilitando para ambos (professor e estudante) notarem o avanço alcançado na construção do conhecimento no decorrer da aula. Questões abertas, por sua vez, podem servir como meio de delimitar o objetivo da aula e atrair a atenção dos alunos para um processo de investigação ativa em busca de respostas.

## **Mão na massa: utilizando origamis para falar sobre Paleontologia**

É importante que o professor, ao planejar suas aulas, leve em consideração o protagonismo do aluno e dê oportunidades para que ele atue ativamente em seu próprio processo de construção do conhecimento. Porém, uma aula não pode ser focada apenas na produção dos estudantes, sendo essencial que ela esteja inserida em um plano estruturado que possibilite desenvolver nos discentes as habilidades e competências desejadas. Nesse momento, muitos professores enfrentam um dilema, pois as estratégias e abordagens possíveis são inúmeras. Não é necessário, porém, escolher apenas uma delas, mas sim encontrar aquela que melhor se adequa aos seus *objetivos*.

Ter em mente aquilo que se deseja promover durante as aulas facilita na hora de definir qual ou quais estratégias utilizar. Os objetivos podem ser pautados, por exemplo, na lista de habilidades e competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), no currículo ou projeto político pedagógico da instituição de ensino ou até mesmo na intencionalidade do professor gerada por demandas do dia a dia. O importante é ter um ponto de partida que guiará as decisões na preparação das atividades.

Para exemplificar o processo de planejamento e como o uso de perguntas e atividades lúdicas pode enriquecer uma aula, será descrita a seguir a experiência de uma oficina *online* para crianças e adolescentes de 8 a 12 anos, que abordou diversos assuntos paleontológicos. A oficina, intitulada “Origamis Pré-históricos e suas Histórias”, visou estimular a curiosidade sobre a origem e evolução de seres antigos, além de desenvolver nos participantes as habilidades de concentração, coordenação motora e observação, bem como avaliar de que forma os impactos provocados por eventos naturais catastróficos ou alterações nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam

os seres vivos, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alterar seus hábitos, causar migrações etc.

Tendo esses objetivos em mente e cientes da importância de promover a interação dos sujeitos para mantê-los engajados e promover sua aprendizagem, optamos por organizar a oficina em quatro momentos-chave: contextualização, questão disparadora, mão na massa e sistematização. Bacich e Moran (2018), especialistas em metodologias ativas de ensino, apontam que cada uma dessas quatro etapas cumpre uma função-chave durante uma aula e permite que os estudantes construam o conhecimento a partir da reflexão, da cooperação com os colegas e da mediação do professor (Tab. 2).

Durante a oficina, a construção de origamis foi uma estratégia para abordar, de forma lúdica, o complexo conceito de Tempo Profundo e promover discussões sobre a evolução e extinção de espécies. A contextualização da atividade se iniciou com uma breve explanação sobre o que seria a extensão vertiginosa do Tempo Profundo e questionamentos sobre os possíveis eventos que poderiam ter ocorrido durante todo esse tempo. Em seguida, foi posta para as crianças a questão disparadora da oficina: Quais fatores podem causar a evolução ou a extinção das espécies?

Para responder à questão foi proposto a todos que participassem de um jogo de adivinhação, que exploraria a história de vida de alguns seres antigos. Ao final de cada etapa, todos construiriam um origami como recompensa, caso conseguissem acertar a resposta correta.

Na brincadeira eram apresentadas aos participantes imagens de seres pré-históricos diversos (Fig. 1) e disponibilizadas algumas dicas para que eles descobrissem de qual organismo construíram o origami (Tab. 3). Foi permitida, e estimulada, a troca de informações, o diálogo, a criação de hipóteses, as especulações e até mesmo a pesquisa em livros e na internet.

As informações sobre os seres foram liberadas uma a uma, em uma sequência, partindo da mais geral para a mais específica, de modo que, mesmo que nenhum dos participantes conhecesse nada sobre o organismo em pauta, seria possível descobrir qual era o correto por dedução. O processo de adivinhação proporcionou um rico momento para se conhecer mais sobre o que os participantes já sabiam sobre aqueles seres (hábitos de vida, adaptações, história evolutiva etc.) e deu a oportunidade de esclarecer dúvidas e aprofundar alguns conceitos.

Tabela 2. Momentos-chave de uma aula de Ciências. Fonte: Adaptado de Bacich & Moran (2018, p. 338) e Peres (2018)

<b>Momento</b>	<b>Descrição</b>
Contextualização	O tema da aula é apresentado de forma contextualizada e instigante, de modo a motivar o interesse dos alunos para trabalhar o problema que será melhor definido na etapa seguinte. É possível fazer isso, por exemplo, por meio da leitura de um texto, exibindo um vídeo/imagem ou fazendo uma roda de conversa. O tema ou problema pode ser proposto tanto pelo professor quanto pelos alunos. Entretanto, nesta etapa é o professor que conduz a sistematização da exploração, registrando os conhecimentos prévios dos alunos. Mapas conceituais e tabelas de hipóteses são ótimas ferramentas de registro e avaliação processual.
Questão disparadora	Tal questão tem o objetivo de provocar nos alunos o desejo de querer saber mais sobre o tema. Ela precisa ser possível de ser respondida pelos alunos por meio da mobilização de seus conhecimentos e capacidades atuais, porém complexa o bastante para que não se limite a um “sim” ou “não” como resposta. Questões investigativas abertas, com várias possibilidades de resposta, são boas escolhas.
Mão na massa	Este é o momento principal da aula de ciências. É quando os alunos irão encarar o problema ou a problematização colocada na primeira etapa e especificado na segunda. Cabe aqui propor situações em que os alunos possam testar hipóteses, construir argumentos, fazer observações, seguir protocolos, confrontar dados, estabelecer comparações, analisar os resultados e estabelecer conclusões. Isso pode ocorrer por meio de realização de um experimento, leitura e interpretação de um texto mediado por perguntas, construção de uma maquete ou modelo, observação de fenômenos, realização de um jogo, encenação de um teatro, dentre outras possibilidades. O importante é dar a oportunidade para o aluno exercitar, aprimorar e construir, de forma ativa, suas habilidades e competências.
Sistematização	A sistematização é o momento de estabelecer conexões conceituais e procedimentais entre tudo aquilo que foi trabalhado, fazer uma síntese coesa dos assuntos, em outras palavras, “amarrar” a aula. É também nessa etapa que o professor deve avaliar os avanços dos estudantes, auxiliando-os a perceber aqueles conceitos trabalhados na mão na massa, além de avaliar se o aluno chegou até o ponto que o professor estabeleceu, ou seja, verificar se atingiu o objetivo da aula. É possível fazer isso de diferentes modos: em uma grande roda de conversa, da qual se tiram os pontos principais do que foi descoberto e aprendido, ajudando os alunos a escreverem um texto coletivo que envolva os conhecimentos, um mapa conceitual, entre outras possibilidades.



Figura 1. Exemplo de imagens apresentadas aos participantes durante o jogo de adivinhação: (a) Megalodon; (b) Sapo; (c) Libélula Gigante; (d) Espinossaurídeo; (e) *Megatherium americanum*; (f) *Dunkleosteus*. Fontes: (a) Karen Carr; (b) Damir G Martin/BBC News; (c) Lucas Lima/Earth Archives; (d) Durbed/Wikimedia Commons; (e) Robert Bruce Horsfall/Wikimedia Commons; (f) Autor desconhecido/Wikimedia Commons

Tabela 3. Exemplo de sequência de dicas oferecidas para adivinhação de cada organismo abordado na oficina

Nome do organismo	Dicas
<i>Abelisaurus comahuensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chegava a ter até 3 metros de altura e 7 metros de comprimento.</li> <li>- Era um terrível animal carnívoro que caçava por toda a América do Sul, sendo muito comum também no Brasil e na Argentina.</li> <li>- Possuía braços relativamente curtos e um caminhar bípede, e pesando “apenas” cerca de duas toneladas.</li> <li>- Seu nome significa “lagarto de Abel”, nomeado para honrar Roberto Abel, diretor do Museu Argentino de Ciências Naturais.</li> </ul>
Anuro (sapo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitam o planeta há pelo menos 200 milhões de anos;</li> <li>- Sua população explodiu em diversidade e tamanho depois do evento de extinção Cretáceo-Paleógeno, há cerca de 66 milhões de anos. Evento que também extinguiu os grandes dinossauros.</li> <li>- São conhecidos por se deslocarem pulando.</li> <li>- Seu ciclo de vida envolve um processo de metamorfose.</li> <li>- Os indivíduos recém-nascidos passam a maior parte de sua vida na água, enquanto os adultos vivem principalmente na terra.</li> </ul>

<p><i>Dunkleosteus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possuía mais de 10 metros de comprimentos e uma grossa armadura óssea.</li> <li>- Ele viveu durante o Devoniano, entre 419 e 559 milhões de anos atrás. Esse período é conhecido como “idade dos peixes”.</li> <li>- Era um predador e tinha ossos afiados saindo de sua mandíbula em vez de dentes.</li> <li>- Ele literalmente comia tubarões no café da manhã. Era cerca de duas vezes mais poderoso do que o mais forte predador dos mares nos dias atuais, o grande tubarão-branco.</li> </ul>
<p><i>Meganeuropsis permiana</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seu corpo tinha cerca de 47 centímetros de comprimento, com uma envergadura de 75 centímetros de largura. Seu tamanho, provavelmente, deveu-se às grandes proporções de oxigênio na atmosfera na época.</li> <li>- Viveu e governou os céus da Terra entre os períodos Carbonífero e Permiano, há cerca de 317 e 247 milhões de anos.</li> <li>- Foi um dos maiores insetos que já existiram.</li> </ul>
<p><i>Rugosodon eurasiaticus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seus dentes eram adaptados para comer uma grande variedade de alimentos.</li> <li>- Sobreviveram à extinção em massa que matou os dinossauros não avianos.</li> <li>- Um dos mamíferos mais antigos já descobertos. Seu fóssil com cerca de 160 milhões de anos foi descoberto na China.</li> <li>- Cada indivíduo pesava entre 65 e 80 gramas e tinha o tamanho aproximado de um esquilo.</li> <li>- Eram capazes de saltar e aqueles que subiam em árvores tinham juntas dos tornozelos capazes de “hiperrotação”.</li> <li>- Faziam parte do grupo de animais ancestrais dos roedores.</li> </ul>
<p><i>Stupendemys geographicus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viveu entre 13 e 7 milhões de anos atrás na região onde hoje são as bacias dos rios Amazonas e Orinoco (Venezuela).</li> <li>- Tinha o tamanho e o peso de um carro sedan (Ex.: Siena e HB20).</li> <li>- Vivia no fundo de lagos e rios ao lado de crocodilos gigantes e adotava uma dieta diversificada, à base de pequenos animais, vegetação, frutas e sementes.</li> <li>- Os machos tinham chifres que apontavam para frente em ambos os lados do casco. Cicatrizes profundas encontradas nos fósseis indicam que estes chifres provavelmente eram usados como lanças para combater adversários.</li> </ul>

Após a revelação do ser pré-histórico “secreto”, dá-se início à construção do seu respectivo origami. A escolha dos origamis que seriam produzidos levou em consideração alguns critérios:

- **Representatividade:** o organismo precisava possuir características físicas, fisiológicas ou comportamentais marcantes e facilmente identificáveis, que permitissem a discussão sobre sua origem, evolução e /ou extinção;
- **Informação disponível:** era necessário que as dicas da adivinhação fossem embasadas em dados científicos válidos e atuais, evitando que a oficina acabasse servindo para propagar especulações infundadas e equívocos conceituais já esclarecidos. Assim, escolher organismos mais amplamente estudados facilitou o processo de elaboração das dicas de forma segura e com suporte científico;
- **Complexidade:** a confecção do origami foi um momento aguardado com ansiedade pelos participantes; sendo assim, escolher qual organismo seria construído exigiu alguns cuidados. A dobradura precisava ser simples o bastante para ser executada por todos e desafiadora o suficiente para manter o interesse e gerar uma sensação de recompensa após seu término. Os origamis possíveis de serem adaptados à oficina são facilmente encontrados em uma pesquisa no *YouTube*; alguns exemplos podem ser vistos na Figura 2.

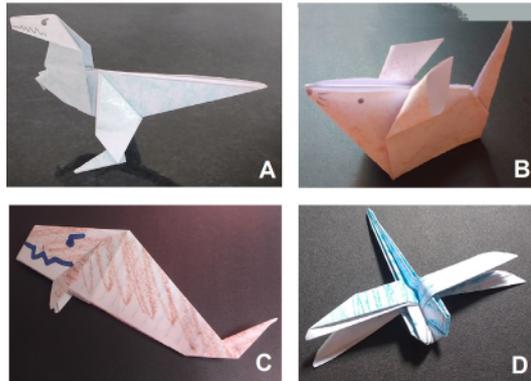


Figura 2. Exemplos de origamis adaptáveis para oficina: (a) *Abelísaurus comahuensis*; (b) *Rugosodon eurasiaticus*; (c) *Dunkleosteus*; (d) *Meganeuropsis permiana*. Fonte: Canal Tudo Mais Ciências<sup>2</sup>

2 Canal Tudo Mais Ciências – Origamis Pré-históricos. URL: <https://youtube.com/playlist?list=PLGkAUqX2C-tvZpBDlme5y89aTZ2YWwc0b>. Acesso 22.05.2023.



Figura 3. Câmera mostrando os detalhes do processo de dobras do origami.  
Fonte: Acervo dos autores

Sobre o processo de construção dos origamis vale ressaltar que as instruções para as dobras devem ser claras e precisas. O uso de uma câmera sobre as mãos do ministrante da oficina auxilia os participantes na compreensão de cada etapa (Fig. 3). Além disso, é interessante iniciar com o origami mais simples e deixar os mais complexos por último, pois assim os participantes podem se acostumar com a dinâmica mais facilmente.

Feito o primeiro origami, foi dada a oportunidade para as crianças mostrarem para todos aquilo que confeccionaram, sendo que perguntas e comentários foram bem comuns nesse momento. O processo de revelação de um organismo “secreto” seguido pela confecção de seu origami pode ser repetido inúmeras vezes, porém a experiência mostrou que três vezes é um número ideal para atender ao objetivo proposto, explorando uma variedade de características evolutivas, mudanças no habitat e eventos de origem e extinção sem tornar a oficina cansativa.

A última etapa da oficina consistiu na sistematização daquilo que foi trabalhado. A questão disparadora foi retomada e as crianças estimuladas a respondê-la sob a luz das novas informações que foram discutidas nas etapas anteriores. Foi interessante comparar o conteúdo e a complexidade das respostas dadas pelos participantes neste momento com aquelas dadas quando a questão disparadora foi feita pela primeira vez. Foram notáveis as mudanças no raciocínio e na argumentação. Detalhes que evidenciam o processo de aprendizagem que acabou de ocorrer.

A partir das observações é possível esclarecer os equívocos remanescentes, complementar ou reforçar conceitos ou até mesmo identificar temas que merecem ser abordados em atividades futuras.

## Sistematização: um momento para refletir e sintetizar

Contextualização, questão disparadora, mão na massa e sistematização. Introdução, objetivos, materiais e métodos e conclusões. Qualquer semelhança entre o modo de organização de atividades didáticas proposto aqui e a clássica forma de organizar um trabalho científico não é mera coincidência. Proporcionar aos estudantes situações que permitam a vivência de situações problema e a práticas investigativas é uma forma de levá-los a perceber o conhecimento científico como algo muito além de um conjunto de informações neutras, incontestáveis e imutáveis, mas sim como construção humana, carregado de subjetividades, passível de erro e de contestação (Silva et al., 2008, Zabini & Souza, 2016). Tal postura está alinhada com as premissas da BNCC (Brasil, 2018), que deixam claro que ensinar ciências naturais é muito mais do que levar os estudantes a aprender conceitos científicos, é promover o letramento científico. O formar do cidadão envolve não só a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo a partir dos aportes teóricos e processuais das ciências.

O professor e sua atitude na sala de aula são a força motriz da aprendizagem motivada. Conhecer o público e seus interesses é essencial para a elaboração de atividades e a abordagem de conteúdos de interesse dos alunos. Estabelecer uma metodologia de ensino baseada nos princípios científicos, conforme explanado aqui, tem forte potencial para engajar os estudantes nos conteúdos mais diversos das Ciências da Natureza. Planejamento, organização e a escolha de temas instigantes ao público podem ser a chave para o letramento científico.

É importante ressaltar, porém, que a realização de uma aula pontual ou mesmo de um conjunto de atividades isoladas não é o suficiente para garantir que o objetivo maior será alcançado, a formação científica crítica do aluno. Para tanto, o bom planejamento deve estar combinado com uma intencionalidade e uma abordagem integrada das diferentes áreas do conhecimento, indo além das barreiras disciplinares. Portanto, o trabalho docente não se inicia apenas no início da aula, muito menos se encerra ao final dela, pois a cada interação com os discentes surgem novos elementos para subsidiar o seguimento do processo de formação do aluno, sujeito e cidadão.

## Referências

- Ainley, J. (1988). *Perceptions of teachers' questioning styles*. In: Borás, A. (Ed.) (1988). Proceedings of the Twelfth Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, vol. 1, pp. 92-99. Veszprém, Hungary: PME. URL: <https://www.igpme.org/publications/current-proceedings/>. Acesso 22.05.2023.
- Bacich, L., & Holanda, L. (2020). *STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências*. In: Bacich, L. & Moran, J. (Orgs.). (2020). STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica (pp 01-12). Porto Alegre: Penso. (ISBN 978-65-81334-06-2). URL: [https://www.sinopsyseditora.com.br/upload/produtos\\_pdf/2173.pdf](https://www.sinopsyseditora.com.br/upload/produtos_pdf/2173.pdf). Acesso 22.10.2023.
- Bacich, L. & Moran, J. (Orgs.). (2020). *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Porto Alegre: Penso. (ISBN 978-65-81334-06-2).
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação. 600p. URL: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso 22.05.2023.
- Diesel, A., Baldez, A., & Martins, S. (2017). Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, 14(1), 268-288. doi:10.15536/thema.14.2017.268-288.404.
- Freire, P., & Faundez, A. (1985). *Por uma pedagogia da pergunta*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Menezes, L. (1995). *Concepções de práticas de professores de Matemática: Contributos para o estudo da pergunta*. Lisboa, Portugal: Departamento de Educação, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. (Dissertação). 177p. URL: <http://hdl.handle.net/10451/39287>. Acesso 14.09.2022.
- Peres, P. (2018). *Como preparar uma boa aula de ciências*. Nova Escola. URL: <https://novaescola.org.br/conteudo/48/o-que-ensinar-em-ciencias>. Acesso 22.05.2023.
- Silva, C. P. da, Figueirôa, S. F. M., Newerla, V. B., & Mendes, M. I. P. (2008). Subsídios para o uso da História das Ciências no ensino: exemplos extraídos das Geociências. *Ciência & Educação* (Bauru), 14(3), 497-517. doi: <https://doi.org/10.1590/s1516-73132008000300009>.
- Valente, J. A. (2018). A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. Em L. Bacich & J. Moran (Org.), *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* (pp 77-108). Porto Alegre: Penso. (ISBN 978-85-8429-116-8). URL: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7722229/mod\\_resource/content/1/Metodologias-Ativas-para-uma-Educao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7722229/mod_resource/content/1/Metodologias-Ativas-para-uma-Educao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf). Acesso 22.05.2023.
- Zabini, C., & Souza, M. A. M. (2016). Três conceitos biológicos/paleontológicos que seguem as diretrizes dos PCN do ensino médio para aplicação em aulas de Biologia. *Terra Didática*, 12(2), 104-117. doi: <https://doi.org/10.20396/td.v12i2.8646319>.

# Material didático de Paleontologia para Educação Infantil: o livro “Animais extintos brasileiros”

Beatriz Beloto  
Fresia Ricardi-Branco  
Ariel Milani Martine

Na recente e atual Base Nacional Comum Curricular, a BNCC, homologada em 2017 pelo ministro da Educação (Brasil, 2017), são definidas as aprendizagens essenciais que todos os alunos do país devem desenvolver durante a vida escolar na Educação Básica. A BNCC não é um currículo, mas orienta os referenciais curriculares e o projeto pedagógico que a escola deve construir. Na BNCC, o desenvolvimento das crianças tem como eixos estruturantes as interações e a brincadeira. Estruturada em cinco campos de experiência, a Educação Infantil visa assegurar às crianças o direito de conviver, brincar, participar, explorar, expressar-se e conhecer-se (BNCC, 2017). Os cinco campos de experiência são:

*O eu, o outro e o nós:* valoriza o desenvolvimento do autoconhecimento, da percepção de individualidade e as relações com os outros, destacando a percepção das relações e o respeito ao diferente, com a necessidade da criança de se conhecer e se sentir pertencente a um grupo e de saber identificar e respeitar tradições culturais diferentes.

*Corpo, gestos e movimentos:* destaca a importância das brincadeiras de faz de conta, valoriza que as crianças possam interagir com narrativas literárias e teatrais, e viver possibilidades de movimento e expressões corporais diferentes, como linguagens da música e da dança. Sempre destacando sua importância em diferentes culturas.

*Traços, sons, cores e formas:* destaca a necessidade de promover situações em que as crianças tenham experiências com diferentes manifestações artísticas, como musical, visual, culturais e científica. Enfatiza experiências corporais provocadas por intensidades de sons e também valoriza as experiências que promovem sensibilidade investigativa no campo visual, o que envolve desenhos, pinturas, modelagem, gravuras, esculturas, entre outras.

*Escuta, fala, pensamento e imaginação:* destaca a importância da comunicação social, realçando experiências com leituras e linguagem oral estimulando a imaginação.

*Espaços, tempos, quantidades, relações e transformações:* ressalta a importância das experiências que favorecem a construção de noções espaciais, relação com tempo espaço, tempo história, envolvendo experiências em relação à medida. Ressalta também experiências que relacionam transformações, pois estas favorecem a construção de valores e conhecimento sobre modos de vida diversos das pessoas, tanto em culturas diferentes quanto no passado.

A homologação da BNCC não exclui outros documentos oficiais. Na verdade, eles devem dialogar e consolidar a necessidade de se estabelecer aprendizagens essenciais para toda a Educação Básica. Outros documentos oficiais já incluem conteúdos de Geociências para as séries iniciais, como consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais que o ensino de ciências deve abordar conhecimentos de Física, Química, Biologia, Geologia e Paleontologia. Segundo Carneiro et al. (2004), o estudo de Geociências na educação básica ajuda a construir uma perspectiva planetária, formando um cidadão responsável e consciente ao se introduzirem preocupações ambientais e outros conceitos.

Para ensinar conteúdos de Geociências, escolheu-se a Paleontologia, pois, por meio desse campo da Ciência, pode-se abordar temas que atraem a atenção das crianças e que colaboram com o aprendizado não só de espécies extintas, mas das atuais, bem como abordar ideias relativas às diferentes dietas alimentares dos animais, explicar o que é um animal herbívoro, carnívoro ou onívoro, além de destacar adaptações dos animais e possíveis convergências evolutivas com animais atuais e, por que não, a interação com o homem e as extinções (Godoy et al., 2017). Com esse intuito autores como p.ex. Bertoni-Machado (2015), Neves et al. (2015), Pauliv & Sedor (2015), e Martine et al. (2022) desenvolveram propostas para se explorar ativamente o gancho dos fósseis em sala de aula.

Trabalhar Paleontologia com a Educação Infantil colabora com a alfabetização científica, não só despertando o interesse dos alunos como futuros cientistas, mas também abre o caminho para o entendimento de fenômenos naturais, pois divulgar os conhecimentos da Paleontologia vem de encontro com o incremento da curiosidade e o interesse das crianças em conhecer aspectos da dinâmica do planeta em que habitam.

Assim, pode-se destacar alguns objetivos de aprendizagem e desenvolvimento que podem ser abordados dentro dos campos de experiências da BNCC, como:

- **(EI03EO03)** Ampliar as relações interpessoais, desenvolvendo atitudes de participação e cooperação.
- **(EI03EF03)** Escolher e folhear livros, procurando orientar-se por temas e ilustrações e tentando identificar palavras conhecidas.
- **(EI03CG02)** Demonstrar controle e adequação do uso de seu corpo em brincadeiras e jogos, escuta e reconto de histórias, atividades artísticas, entre outras possibilidades.
- **(EI03EF08)** Selecionar livros e textos de gêneros conhecidos para a leitura de um adulto e/ou para sua própria leitura (partindo de seu repertório sobre esses textos, como a recuperação pela memória, pela leitura das ilustrações etc.).
- **(EI03ET05)** Classificar objetos e figuras de acordo com suas semelhanças e diferenças.

Para atender à recomendação de interação e participação dos responsáveis nas atividades das crianças em sua vida escolar (Carvalho, 2000), elaborou-se um material didático que, além de poder ser impresso facilmente em casa ou na escola, contém informações para que os professores ou responsáveis possam abordar o tema, mesmo sem conhecer plenamente o assunto. Os pequenos textos explicativos que constam no material fornecem subsídio conceitual para o desenvolvimento da atividade e interação por parte dos professores ou responsáveis.

Como esse escopo, foi desenvolvido um pequeno livro com seis espécies extintas de animais, intitulado “Animais extintos brasileiros”. Os animais foram selecionados porque pertencem a grupos distintos, apresentam comportamentos diferentes, além de viver em ambientes diversos. Isso proporciona ao professor uma quantidade maior de conteúdo a ser desenvolvido em sala de aula com as crianças. Ao abordar o tema de que há grupos diferentes de animais extintos, mostra-se que nem todo animal extinto é um dinossauro e que, por exemplo, os pterossauros não eram dinossauros capazes de voar.

## Descrição do conteúdo do Livro

O livro é constituído em forma de cartelas didáticas e visa proporcionar uma atividade dinâmica. Isso porque os leitores deverão colocar essas fichas nas combinações corretas. Cada página foi dividida em quatro cartelas, na seguinte ordem, da esquerda para a direita:

- A primeira cartela mostra o animal individualmente reconstruído.
- A segunda contém a ilustração da alimentação do animal da primeira cartela.
- A terceira exhibe o desenho do formato do dente.
- A quarta apresenta o ambiente/habitat do animal.

Cada verso de ficha recebe um pequeno texto explicativo sobre a próxima ficha, ficando a figura e seu texto explicativo no campo de visão do leitor ao mesmo tempo. No final do livro, há ainda um glossário com o significado de alguns conceitos novos aos jovens leitores. Na diagramação, as cartelas receberam cores distintas para cada animal, de modo a facilitar a compreensão da relação entre elas pelo pequeno leitor. Optou-se por uma imagem simples e com mais espaços em branco, para que a impressão não fosse tão onerosa para a escola, o professor ou os pais. Para montagem do livro, as fichas devem ser impressas, recortadas e encadernadas embaralhadas.

Um arquivo com as páginas numeradas foi criado para facilitar o entendimento do professor ao montar o livro. As folhas receberam nomes, como folha 1 e verso da folha 1. Para que os interessados em utilizar a proposta didática possam reconhecer o que deve ser impresso ou colado no verso de cada folha. Ao final da impressão do livro, recomenda-se que seja encadernado, com espiral. E então, recortar as folhas nas divisões das fichas para que cada ficha possa ser movimentada de maneira independente das outras da mesma folha, montando, assim, um livro com fichas embaralhadas. Cabe, então, à criança encontrar a sequência correta de animal, alimento, dentição e habitat, girando as fichas no espiral. Uma outra opção viável é a de realizar pequenos furos nas páginas, amarrar as cartelas com um barbante no local do espiral, o que permitirá que as cartelas possam ser alocadas em um varal na parede interna da sala de aula ou no corredor da escola.

Tabela 1. Animais escolhidos para compor o livro

<b>Animal</b>	<b>Alimentação</b>	<b>Dentes</b>	<b>Onde vivia</b>
Eremotherium	Folhas	Molares	Cerrado
Thanos	Crocodilos e dinossauros menores	Serrilhado	Semiárido
Globidents	Conchas	Rômbico	Mar
Anhanguera	Peixes	Anzol	Céus/planícies
Paraphysornis	Pequenos animais	Sem dentes	Planície
Caipora	Frutos e insetos	Heterodontia	Árvores

Os seis animais extintos que foram escolhidos para ilustrar as cartelas e algumas das principais diferenças deles foram descritas na Tabela 1.

## Descrição das espécies fósseis ilustradas

Com a finalidade de abarcar a biodiversidade do passado do planeta, os taxa escolhidos viveram em diferentes ambientes e períodos do tempo geológico. Assim foram escolhidos taxa de ambiente marinho e continental; como o arcossauria voador (*Anhanguera*), uma ave que apesar de ter asas não voava, ou corredora (*Paraphysornis*), um animal arborícola (*Caipora*), um de clima semiárido (*Eremotherium*) e outro marinho (*Globidents*). Com relação ao hábito alimentar, foram ilustrados, por exemplo, um carnívoro e um piscívoro com dentes corte de carne, um herbívoro com dentes para trituração de folhas, um onívoro com heterodontia etc., com a finalidade de aumentar o repertório de conteúdos aludidos com um único material didático, mas que podem ser trabalhados com distintas abordagens (Kellner & Tomida, 2000, Cartelle & De Iuliis, 2006, Cartelle & Hartwig, 1996, Delcourt & Iori, 2018, Alvarenga, 1982). A seguir cada um dos taxa será detalhado.

### *Anhanguera*, um Pterossauro

Os pterossauros foram os primeiros vertebrados adaptados ao voo, com espécies que mediam desde quinze centímetros até mais de doze metros de envergadura, sendo as maiores criaturas voadoras até então conhecidas (Wellnhofer, 1991). Os pterossauros dominaram os ares durante a Era Mesozoica (Triássico – Cretáceo) e apesar de não serem dinossauros, muito provavelmente, ambos os grupos descendem de

um ancestral em comum. O Grupo dos pterossauros é dividido em duas grandes linhagens: uma basal com espécies menores e de cauda longa, comuns durante os períodos Triássico e Jurássico. E outra mais derivada, com espécies da cauda curta e de porte que variava de pequenos a gigantescos, com espécies do período Jurássico e Cretáceo (Wellnhofer, 1991). Um típico representante do segundo grupo foi *Anhanguera piscator* do Cretáceo inferior (145 Ma – 100 Ma) da Bacia sedimentar do Araripe no estado do Ceará (Kellner & Tomida, 2000). A região é conhecida mundialmente por sua grande diversidade de pterossauros com dezenas de espécies descritas.

Muitas partes do esqueleto fóssil de *Anhanguera piscator* foram encontradas, tornando a espécie bem conhecida. *A. piscator* foi um pterossauro de aproximadamente cinco metros de envergadura com focinho alongado que ostentava uma crista em forma de quilha presente também na mandíbula.

Para o livro “Animais extintos brasileiros” *Anhanguera piscator* foi ilustrado em postura de pouso sobre as quatro patas. A pose foi escolhida por permitir um melhor enquadramento geral e visualização da cabeça, local com as principais características taxonômicas (Kellner & Tomida, 2000). O padrão de cor de *A. piscator* foi baseado em aves marinhas atuais como o atobá (Fig. 1) (Branco *et al.*, 2010).

Os dentes de *Anhanguera piscator* foram finos, pontiagudos e levemente encurvados (Fig. 1C). Quando a boca de *A. piscator* se encontrava fechada, os dentes da maxila e mandíbula se entrecruzavam (Kellner & Tomida, 2000). O formato e o posicionamento dos dentes de *A. piscator* eram ideais para a captura de peixes em voos rasantes a lâmina d’água. Diversas espécies de peixes viveram nas águas litorâneas da bacia do Araripe e a maioria poderia ser predada por *Anhanguera piscator* como *Vinctifer comptoni* e formas juvenis de *Axelrodichthys araripensis* (Fig. 1B) (Maisey, 1991). As águas quentes associadas ao registro da bacia do Araripe estavam repletas de vida e pertenciam ao recém-surgido Oceano Atlântico (Fig. 1D).

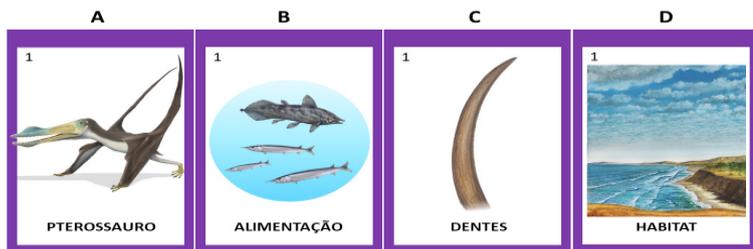


Figura 1. Imagem da sequência de cartelas do pterossauro *Anhanguera*

## ***Eremotherium*, uma preguiça-gigante**

*Eremotherium laurillardii* foi uma das maiores preguiças terrícolas já descritas, com seis metros de comprimento e uma massa equivalente à de um elefante africano. A espécie ocorria em todas as américas durante o final do Pleistoceno (2 Ma – 0,012 Ma), sendo informalmente chamada de preguiça pan-americana (Cartelle & De Iuliis, 2006).

No Brasil, durante o último máximo glacial (~100000 a 20000 anos antes do presente), pode-se observar uma divisão de espécies da megafauna relacionada ao clima. No sul do Brasil, encontram-se espécies que habitaram também no Uruguai, Argentina e todo o sul da América do Sul. A maioria das espécies sulistas viviam em áreas abertas semelhantes aos pampas, embora naquele tempo era um ambiente mais frio e seco que o atual (Fariña et al., 2013). Como consequência, as espécies dessa região apresentavam sutis adaptações morfológicas às temperaturas mais baixas. Um bom exemplo foi *Megatherium americanum*, uma outra preguiça terrícola que ostentava tamanho similar ao de *Eremotherium laurillardii*, porém com ossos mais robustos (Bargo, 2001).

O aspecto mais encorpado é típico de mamíferos de clima frio. Corpos mais compactos e membros relativamente mais curtos diminuem a perda de calor para o ambiente (MacPhee, 2019). Assim, é possível inferir que havia duas espécies de preguiças terrícolas gigantes no Brasil, distribuídas em ambientes climaticamente distintos. Enquanto no Sul do Brasil a espécie mais recorrente era *Megatherium americanum*, mais robusta e com possível pelagem espessa, no restante do território nacional *Eremotherium laurillardii*, com ossos mais alongados e corpo mais delgado, era comum. O formato do corpo mais alongado e esguio de *Eremotherium laurillardii* também era uma adaptação ao seu habitat.

Com o recuo dos oceanos e parte da água aprisionada em extensas calotas de gelo nos polos durante a última glaciação (~100.000 a 20.000 anos antes do presente), a umidade em biomas entre os trópicos era mais baixa que atualmente. A baixa umidade permitiu um aumento das áreas de campos, savanas, cerrados e cerradões (Fig. 2D). *Eremotherium laurillardii* estava adaptado aos grandes espaços mais quentes e secos dos cerrados brasileiros. Com o corpo mais alongado, uma superfície maior de pele ficava exposta ao ar, perdendo, dessa forma, mais rapidamente o calor. Outra estratégia para evitar o superaquecimento, que também pode ser observada em grandes mamíferos atuais, é a ausência ou a

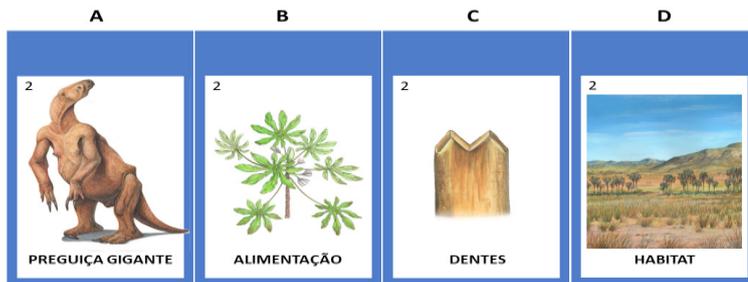


Figura 2. Imagem da sequência de cartelas da preguiça-gigante

redução de pelos em indivíduos adultos. Uma das funções do pelo é o isolamento térmico, ou seja, manter o animal quente. Em grandes mamíferos atuais de regiões quentes, como elefantes, rinocerontes e hipopótamos, a redução da pelagem age de forma crucial para a dispersão do calor excedente. Assim, apesar de não haver nenhuma evidência fóssil de presença ou ausência de pelos em *Eremotherium laurillardi*, optou-se no livro “Animais extintos brasileiros”, em representá-lo sem pelos, uma vez que essa característica é compartilhada com outros mamíferos de porte e habitat análogos ao de *Eremotherium laurillardi* (Fig. 2A).

Semelhante às demais preguiças terrícolas, *Eremotherium laurillardi* passava a maior parte do tempo em posição quadrúpede, caminhando apoiado no dorso das mãos, assim como faz o atual tamanduá-bandeira *Mirmecophaga tridactyla*. Para se defender ou buscar folhas em árvores mais altas, esse animal poderia se erguer sobre as patas traseiras, assumindo uma postura bípede com cerca de quatro metros de altura. Para melhor diagramação e visualização de seus caracteres anatômicos, como formato e número de garras, no livro acima citado, *Eremotherium laurillardi* foi representado em posição frontal e bípede (Fig. 2A).

Essas preguiças se alimentavam de vegetação arbórea e arbustiva e usavam suas garras para puxar galhos e arrancar cascas de árvores, que também deveriam ser usadas como alimento. As espécies vegetais que faziam parte da alimentação de *Eremotherium laurillardi* muito provavelmente existem até hoje nos cerrados e cerradões do Brasil. No livro, a alimentação herbívora desse animal foi representada por uma árvore do gênero *Cecropia*, conhecido popularmente como Embaúba ou Árvore-da-Preguiça. Apesar das espécies de *Cecropia* serem mais comuns em ambientes de florestas pluviais, elas podem ocorrer também em áreas mais úmidas de campos e cerrados e poderiam fazer parte da lista de

vegetais consumidos por *Ereomtheruim laurillardii* (Lorenzi, 2008). Além disso, o táxon é a principal fonte de alimentação do bicho-preguiça atual, fato que lhe rendeu, também, o nome popular de Árvore-da-Preguiça. Uma vez que a referida espécie está relacionada às preguiças, ela foi escolhida para a ilustração do tipo de alimentação de *Ereomtheruim laurillardii* (Fig. 2B).

As preguiças, em geral, fazem parte de um grupo de mamíferos chamados de xenartros, que incluem também os tatus e os tamanduás. O nome do grupo se deve a uma diferente articulação acessória nas vértebras torácicas posteriores (xenartra significa articulação estranha) (Forasiepi et al., 2007). Porém, há alguns anos esse grupo era chamado de Edentata ou desdentados. Esse nome caiu em desuso uma vez que apenas os tamanduás de fato não possuem dentes. Embora os tatus e as preguiças possuam dentes, a dentição é diferente dos demais mamíferos. Os xenartros não trocam de dentes e não possuem esmalte dentário. Mesmo assim seus dentes cumprem bem a função de alimentação onívora em tatus e herbívora em preguiças. Preguiças arborícolas atuais e terrícolas extintas apresentam dentes muito semelhantes, ambos com formato colunar, prismático e com a superfície de mastigação contendo duas “cúspides” laminares e paralelas separadas por um sulco central. O sulco permite um encaixe com os dentes opostos, gerando uma eficiente estrutura de trituração de folhas e frutos. Para representar o tipo de dente de *Ereomtheruim laurillardii*, foi ilustrado um molariforme inferior dessa espécie em vista lateral (Fig. 2C).

### ***Caipora*, um macaco**

No final do Pleistoceno (~1,8 Ma) houve a expansão dos cerrados e cerradões no Brasil. Mas em algumas regiões havia biomas muito semelhantes aos que ocorrem ainda hoje, como é o caso das áreas de caatinga do estado da Bahia onde, mesmo em um ambiente plano e com solo pobre, próximo a rios e corpos d’água existem vegetações frondosas semelhantes aos cerradões (Fig. 3D). Florestas semelhantes foram o habitat de *Caipora bambuiorum*, o maior primata até então conhecido no Novo Mundo (Cartelle & Hartwig, 1996). O esqueleto desse macaco foi encontrado completo na Toca-da-boa-vista, uma das mais importantes cavernas de conteúdo paleontológico da Bahia, com mais de 100 km de galerias (Cartelle & Hartwig, 1996). Obviamente *Caipora bambuiorum* não habitava em cavernas, mas, assim como mui-

tos animais do Pleistoceno, sua carcaça pode ter sido carregada pelas enxurradas e preservado em ambiente cárstico.

Existem muitas semelhanças morfológicas entre *Caipora bambuiorum* e primatas atuais da família Atelidae que agrupam o Macacos-Aranha e Muriqui. A principal diferença em relação aos Atelidae atuais estava no porte. *Caipora bambuiorum* pesava mais de vinte quilos e tinha o dobro do tamanho do Muriqui, o maior primata americano atual (Cartelle & Hartwig, 1996).

No livro “Animais extintos brasileiros”, *Caipora bambuiorum* foi ilustrado escalando um galho de árvore em uma vista lateral. A posição ilustrada auxilia na observação de características dos atelídeos como o polegar reduzido e a cauda longa, flexível e sem pelos na porção distal inferior, feições que lhe permitia utilizá-la como um quinto membro. Mesmo com braços e pernas alongados, a ilustração representa *Caipora bambuiorum* mais corpulento que atelídeos recentes. Isso se deve a razões alométricas, ou seja, uma vez que *C. bambuiorum* era maior que os macacos vivos, a gravidade o submetia a um maior esforço de locomoção, propiciando, consequentemente, uma massa muscular proporcionalmente maior (Fig. 3A).

Como na grande maioria dos primatas, a alimentação de *Caipora bambuiorum* foi onívora, alimentando-se de ovos de aves, pequenos animais e uma grande variedade de frutas como o juruté, a jaracatiá e o tarumã, atualmente muito apreciadas por primatas (Fig. 3B) (Lorenzi, 2008). Para expor a heterodontia de *Caipora bambuiorum*, foi ilustrado uma porção de sua mandíbula, mostrando os dentes incisivos, caninos e pré-molares, e no texto foi descrito qual o papel desempenhado por cada tipo na alimentação onívora (Fig. 3C). O nome Caipora é uma alusão ao personagem da mitologia indígena que, segundo o naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund, que estudou os fósseis da megafauna mineira no século dezanove, significa “morador da floresta” (Cartelle & Hartwig, 1996).

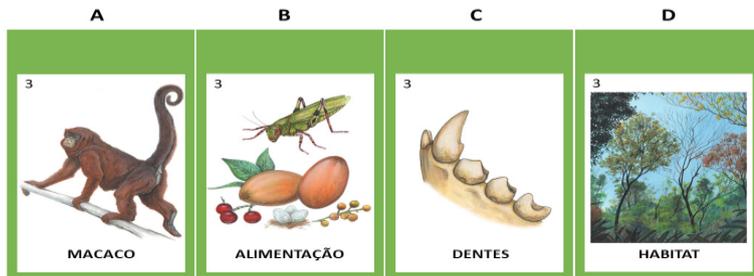


Figura 3. Imagem da sequência de cartelas de *Caipora*, um macaco

## *Globidents*, um lagarto marinho

Os iguanas-marinhos do arquipélago de Galápagos são os únicos lagartos recentes de hábitos marinhos. Esses animais passam a maior parte de suas vidas em rochas à beira-mar e mergulham em busca de algas, sua principal alimentação. Ao longo da evolução, os iguanas desenvolveram meios para secretar sal, por meio de espirros, e também a cauda se tornou mais achatada para facilitar a natação, mas, de uma forma geral, a morfologia desses animais não é muito diferente das formas terrestres ou arborícolas. Isso porque as iguanas-marinhas são na realidade iguanas mergulhadores e não vivem constantemente no mar.

Mas, no final do período Cretáceo (100 Ma – 66 Ma), existiram lagartos realmente marinhos, espécies com corpos muito alongados e hidrodinâmicos com caudas achatadas terminadas como nadadeiras. Os seus membros sofreram severas reduções dos ossos longos proximais e aumento das falanges, peculiaridade que transformou braços e pernas em nadadeiras. Vários grupos distintos de répteis evoluíram para formas marinhas durante a Era Mesozoica, dentre eles os denominados como mosassauros. Fósseis de mosassauros foram encontrados em distintas regiões do mundo, comprovando que foram animais onívoros nos oceanos, com espécies de dois a dezoito metros de comprimento (Jiménez-Huidobro et al., 2017).

No Brasil, fósseis de mosassauros foram encontrados na região Nordeste e dentre os gêneros que aqui ocorriam se destaca *Globidents*, com crânio e corpo relativamente mais curto que os demais mosassauros, medindo cerca de seis metros de comprimento (Bóas & Carvalho, 1997). No livro “Animais extintos brasileiros”, *Globidents* foi ilustrado em uma vista dorsal/lateral, permitindo a visualização de seu corpo hidrodinâmico em movimento de natação e seus apêndices locomotores adaptados em nadadeiras. O padrão de cor utilizado em *Globidents* é cinza chumbo no

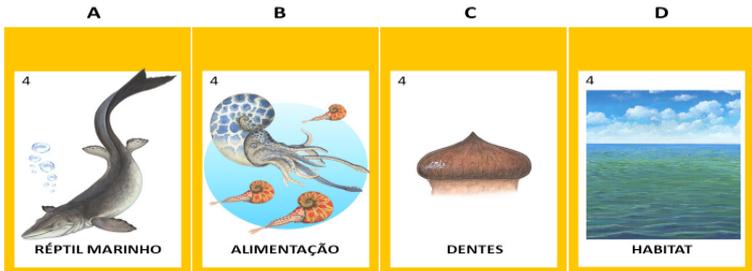


Figura 4. Imagem da sequência de cartelas de *Globidents*, um lagarto marinho

dorso e cinza claro a branco na parte ventral com manchas pretas nas pontas das nadadeiras. Esse padrão é encontrado em mamíferos cetáceos atuais e por convergência evolutiva poderia ocorrer também em mosassauros (Fig. 4A). No texto da ficha de *Globidens*, é explicado que, apesar de ser contemporâneo aos dinossauros, esse animal pertencia a um outro grupo de répteis, não sendo, assim, um dinossauro.

Diferentes dos demais mosassauros (Bóas & Carvalho, 1997), que possuíam dentes adaptados à captura de peixes com formato semelhante aos dos crocodilos, os dentes de *Globidens* eram curtos com um formato de gota achatada (Fig. 4C). O formato achatado e compacto dava grande resistência e permitia que *Globidens* os utilizasse para quebrar conchas de moluscos, fazendo com que fosse um eficiente predador de ammonites e nautiloides (Fig. 4B). *Globidens* viveu no final do período Cretáceo, em mares abertos e oceanos quentes e ricos em plânctons (Fig. 4D). Bem como os demais mosassauros, *Globidens* desapareceu no grande evento de extinção do limite Cretáceo/Paleógeno junto com dinossauros, pterossauros e suas presas, os ammonites (Price, 1957).

### ***Thanos*, um dinossauro carnívoro**

Assim como ocorre com a biota recente, os animais extintos, como os dinossauros, estavam divididos em grupos e espécies distribuídas em regiões distintas do mundo. Um exemplo dessa antiga biogeografia foram os Abelissauridea. Essa família de dinossauros carnívoros de médio a grande porte foi, até o momento, encontrada apenas no hemisfério sul, sendo considerada endêmica do Gondwana, sobretudo na América do Sul (Delcourt & Iori, 2018).

*Thanos simonattoi* foi um abelissaurídeo de cerca de cinco a seis metros de comprimento encontrado no noroeste do estado de São Paulo. Descrito a partir de uma vértebra cervical, *T. simonattoi* viveu no final do Cretáceo e foi um dos principais predadores de sua região (Delcourt & Iori, 2018). Poderia abater filhotes de saurópodes, mas a base de sua alimentação deveria ser a grande quantidade de crocodylomorfos terrestres disponíveis como os Baurusuchidae e os Nothosuchios (Fig. 5B). Uma vez que *Thanos simonattoi* possui pouco material fóssil disponível, sua reconstrução foi baseada em abelissaurídeos mais completos do final do Cretáceo. Características morfológicas da família, como braços bastante curtos, focinho curto e crânio com a parte superior rugosa, são representadas na ilustração (Fig. 5).

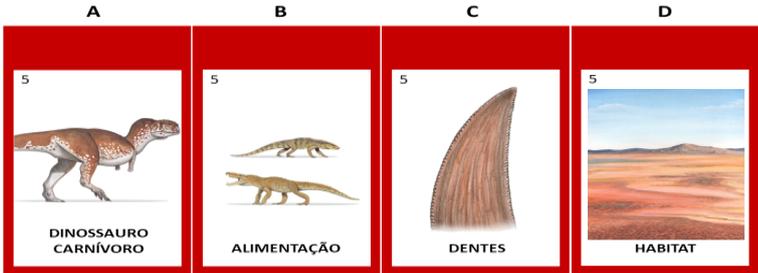


Figura 5. Imagem da sequência de cartelas do dinossauro carnívoro

Semelhantes a todos os terópodes, os abelissaurídeos possuíam dentes pontiagudos, recurvados para trás, lateralmente comprimidos e com as bordas serrilhadas, muito eficientes para rasgar tecidos tegumentar e muscular. Os dentes tinham tamanhos diferentes, mas sempre o mesmo formato. É muito mais comum encontrar dentes fósseis de abelissaurídeos do que qualquer outra parte do esqueleto (Tavares et al., 2014). Isso se deve ao fato de esses animais perderem muitos dentes ao longo de suas vidas. Seus dentes eram constantemente repostos, ou seja, toda vez que um era perdido um outro igual crescia no lugar (Tavares et al., 2014). Para representar um típico dente de Abelissauridae, no livro foi ilustrado um dente da região medial da mandíbula em vista lateral esquerda com sua típica cor marrom, resultado do escurecimento do esmalte durante a diagênese (Fig. 5C) (Molina-Pérez & Larramendi, 2019).

Durante o período Cretáceo, o Noroeste paulista foi uma grande planície de inundação com um clima semiárido (Tavares et al., 2014). Regida pelas monções, sua biota estava adaptada a momentos de maior umidade e alternados por momentos bastantes secos (Fig. 5D) (Martine et al., 2017).

### ***Paraphysornis*, a ave do terror**

Com a separação do Gondwana, no final do período Cretáceo (~100 Ma), a América do Sul se tornou um continente isolado do resto do mundo pelos oceanos. Sem o istmo do Panamá, que surgiu apenas no final do Plioceno (~3,6 Ma), a América do Sul estava separada da América Central e do Norte e formava uma grande ilha como é a Austrália atualmente. Nesse contexto, uma peculiar fauna de mamíferos endêmicos evoluiu na América do Sul. O isolamento permitiu uma grande

diversidade de xenartros e outras ordens de mamíferos exclusivamente sul-americanas. Os principais mamíferos predadores eram marsupiais que tinham tamanho e morfologia similares às de lobos e felinos dentes de sabre. Contudo, durante o Oligoceno (33 Ma – 23 Ma), aves, parentes das atuais seriemas, atingiram grande porte e passaram a ser eficientes predadoras; ganharam a alcunha de “aves do terror”.

No Brasil, esse grupo, chamado cientificamente de Phurusrhacidae, possui representantes desde o Paleoceno (66 Ma - 56 Ma), com espécimes de pequeno porte; mas em um depósito do Oligoceno (33,9 Ma - 23 Ma) foi encontrado um esqueleto quase completo da maior ave do terror brasileira: *Paraphysornis brasiliensis* (Alvarenga, 1982), com aproximadamente dois metros de altura. Com asas muito curtas, essas aves eram incapazes de voar. Os tarsos mais curtos que o da maioria das aves terrestres atuais indicam que também não eram grandes velocistas como a Ema, o Emu e o Avestruz (Alvarenga, 1982). Mas a inabilidade para o voo e a capacidade restrita para corridas eram compensadas por ossos mais espessos e fortes, propícios aos entrechoques da predação (Alvarenga, 1982). Para representação do livro “Animais extintos brasileiros”, *Paraphysornis brasiliensis* foi ilustrado em uma posição lateral/posterior, com o padrão de cor baseado em um Carcará adulto *Caracara plancus*, ave predadora que, mesmo sendo voadora, frequentemente caça no solo (Fig. 6A).

Atualmente existem pesquisas que levantam a hipótese de que as aves do terror poderiam também ter uma alimentação onívora ou até mesmo herbívora, comendo frutos com grandes sementes (Anelli, 2015). Essa hipótese ainda não foi amplamente aceita e o mais provável é que as aves do terror fossem de fato caçadoras. O vigoroso bico de *Paraphysornis brasiliensis*, semelhante aos das aves de rapinas, e as fortes garras formavam um eficiente artifício para o abate de presas, como

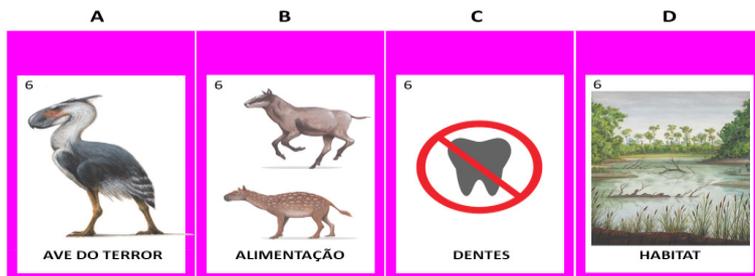


Figura 6. Imagem da sequência de cartelas de *Paraphysornis*, a ave do terror

pequenos mamíferos herbívoros do grupo dos litopternos e notungulados (Fig. 6B).

Um dos quatro itens das fichas do livro “Animais extintos brasileiros” é referente ao tipo de dente, que mostra a adaptação a diferentes hábitos alimentares. No caso do *Paraphysornis brasiliensis*, a ausência de dentes é representada por uma imagem estilizada de um molar humano sob um grafismo de um círculo vermelho cortado por uma linha na diagonal, comumente encontrado em placas de proibição, como “proibido fumar” e “proibido estacionar” (Fig. 6C).

Os fósseis de *Paraphysornis brasiliensis* foram coletados no município de Tremembé, em São Paulo, em rochas que durante o Oligoceno foram depositadas no fundo de um grande lago. Nesse paleoambiente lacustre tropical, *Paraphysornis brasiliensis* convivia com outras espécies de aves, mamíferos, répteis, anfíbios, peixes e uma grande diversidade de invertebrados e vegetais hoje extintos (Fig. 6D).

## Textos explicativos das cartelas

Os textos são compostos de frases ou parágrafos curtos, porque o texto de cada cartela precisou ser alocado no seu verso com letras em tamanho que permita rápida visualização e facilite a leitura ágil por parte dos professores ou pais. Os textos das cartelas são apresentados a seguir:

### O Pterossauro

Cartela 1 - O *Anhanguera piscator* é um dos fósseis mais completos de pterossauros já encontrados no Brasil. Ele viveu há cerca de 110 milhões de anos.

Cartela 2 - Pterossauros eram répteis voadores que conviveram com os dinossauros, mas não eram do grupo dos dinossauros. O *Anhanguera* se alimentava de peixes que viviam na mesma região, como o *Vinctifer*.

Cartela 3 - Os dentes do *Anhanguera piscator* eram longos, afiados e curvados, como um anzol. Ele voava rente à água e pescava o peixe que ficava preso nos dentes e não conseguia escapar. Tudo isso sem mergulhar.

Cartela 4 - O *Anhanguera piscator* media 5 metros de envergadura e habitava os ambientes costeiros do Nordeste do Brasil no início do período Cretáceo.

## A Preguiça gigante

Cartela 1 - O *Eremotherium* foi uma das maiores preguiças terrestres do Brasil. Poderia atingir até 6 metros de comprimento e possuía garras muito compridas que auxiliavam em sua alimentação.

Cartela 2 - O *Eremotherium* era herbívoro, portanto, se alimentava de vegetais. Ele usava suas grandes garras para puxar galhos das árvores e levar até a boca.

Cartela 3 - As preguiças gigantes possuem grandes conjuntos de dentes, mas, diferente de muitos mamíferos, elas não tinham dentes de leite. Nasciam já com os dentes definitivos que tinham formato que ajudava a triturar os vegetais.

Cartela 4 - O *Eremotherium* foi uma das preguiças de maior distribuição geográfica do Brasil, com registro fóssil em quase todo o território nacional. Vivia nas savanas brasileiras que nós chamamos de Cerrado.

## O Macaco

Cartela 1 - O *Caipora bambuiorum* era um macaco robusto semelhante aos atuais Muriqui e Macaco-aranha. Pesava cerca de 40kg e tinha o dobro do tamanho do maior macaco brasileiro, o Muriqui

Cartela 2 - Como a maioria dos primatas, o *Caipora* tem uma dieta onívora, constituída de frutos, vegetais, ovos, invertebrados e pequenos vertebrados.

Cartela 3 - O *Caipora*, como outros primatas, possuía dentes distintos com funções diferentes para a dieta diversificada. Os incisivos para cortar, os caninos para perfurar e os molares para triturar e mastigar.

Cartela 4 - O *Caipora bambuiorum* foi um macaco arborícola que viveu nas florestas de transição entre cerrado e cerrado da Bahia há cerca de 15 mil anos.

## O lagarto marinho

Cartela 1 - O *Globidens* era um réptil marinho que conviveu com os dinossauros, mas não pertencia ao mesmo grupo dos dinossauros. Ele é do grupo dos mosassauros, que são lagartos.

Cartela 2 - Alimentava-se de ammonites, animais parentes dos

polvos que tinham uma carapaça rígida. O *Globidens* se especializou em comer esses animais.

Cartela 3 – Os dentes do *Globidens* eram achatados e compactos. Isso permitia que ele quebrasse as carapaças dos ammonites.

Cartela 4 – O *Globidens* habitava os mares da costa do nordeste do Brasil há cerca de 65 milhões de anos, no Cretáceo.

## O dinossauro carnívoro

Cartela 1 – *Thanos simonattoi* foi um dinossauro bípede, com focinho e braços curtos. Atingia 6 metros de comprimento e viveu no interior de São Paulo há cerca de 85 milhões de anos.

Cartela 2 – *Thanos* era um dinossauro carnívoro e deveria caçar as diversas espécies de crocodilos que viviam na região, como o *Baurusuchus* e o *Mariliasuchus*, além de pequenos dinossauros e eventualmente comer carniças.

Cartela 3 – Os dentes do *Thanos* tinham todos o mesmo formato, variando apenas de tamanho. Quando ele perdia um dente, outro logo crescia no lugar. Eram estreitos e curvados para trás com a borda serrilhada como uma faca de cortar carnes.

Cartela 4 – *Thanos* habitava planícies semiáridas com pouca vegetação e muito quentes, que recebiam fortes chuvas periodicamente, que formavam corpos d'água que mantinham a vida na região.

## A ave do terror

Cartela 1 – O *Paraphysornis brasiliensis* era uma ave com cerca de 2 metros de altura. Apesar de ser uma ave e ter penas, ele provavelmente não voava, como as atuais Ema e Avestruz.

Cartela 2 – O *Paraphysornis brasiliensis* foi talvez o maior predador da sua região. Poderia caçar animais menores que ele, como o *Rhynchippus brasiliensis* e integrantes do grupo Litopterna.

Cartela 3 – Como todas as aves, que são dinossauros evoluídos, o *Paraphysornis brasiliensis* não possuía dentes, mas sim um bico. O bico dele era muito grande e forte e servia para agarrar e rasgar suas presas.

Cartela 4 – O *Paraphysornis brasiliensis*, também conhecido como Ave do Terror, viveu na região de Taubaté, no interior de São Paulo, há cerca de 22 milhões de anos, em um ambiente lacustre rico em fauna e flora.

## Montando o livro

Após embaralhadas as cartelas, um arquivo com a sequência das páginas a serem impressas foi gerado em PDF. As páginas foram nomeadas a fim de facilitar a impressão em frente e verso, permitindo que o docente faça as impressões e montagem do livro com rapidez, ou que até mesmo possa delegar a outro funcionário da escola sem necessidade de instruções. A seguir a sequência das páginas (Figs. 7 a 21).



Figura 7. Capa do livro dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

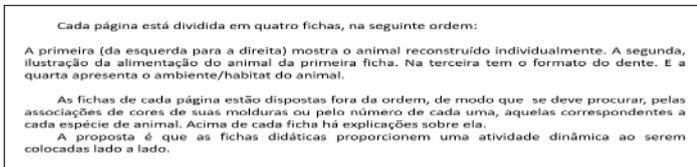


Figura 8. Imagem do arquivo da primeira folha do livro, contendo as instruções para leitura, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

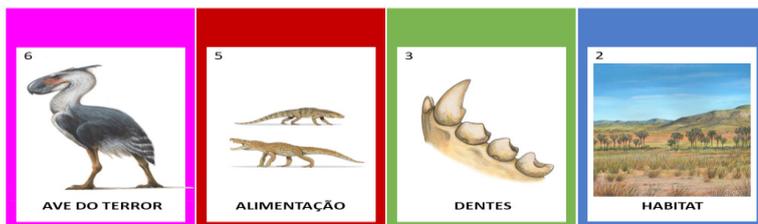


Figura 9. Imagem da segunda folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4



Figura 10. Imagem da terceira folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4



Figura 11. Imagem da quarta folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4



Figura 12. Imagem da quinta folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

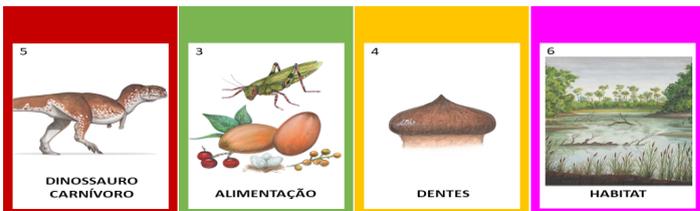


Figura 13. Imagem da sexta folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

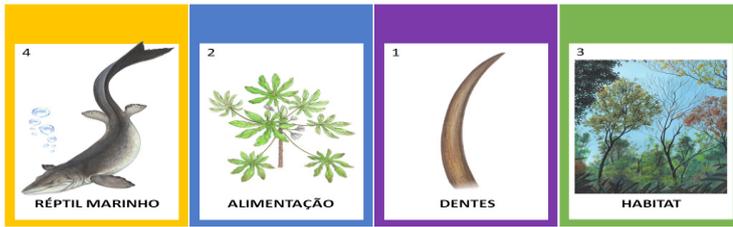


Figura 14. Imagem da sétima folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

#### GLOSSÁRIO

**Arbóricola:** que vive nas árvores.

**Atual:** espécie existente hoje.

**Bípede:** que se apoia ou se desloca sobre dois pés.

**Carnívoro:** que se alimenta de animais ou de parte deles.

**Cerradão:** parte do cerrado com mata mais densa e úmida com mais árvores.

**Cerrado:** bioma mais seco com vegetação mais baixa e espaçada.

**Cretáceo:** é um período geológico da Era Mesozoica, que aconteceu aproximadamente entre 145 e 65 milhões de anos atrás.

**Dente de leite:** é o primeiro conjunto de dentes que aparece durante o desenvolvimento de humanos e outros mamíferos.

**Envergadura:** é a maior distância entre as pontas das asas.

**Extinto:** espécie que não existe mais.

**Herbívoro:** que se alimenta de vegetais.

**Onívoro:** o que se alimenta tanto de matéria vegetal como animal.

**Savana:** região plana cuja vegetação é baixa com árvores esparsas e arbustos isolados ou em grupo.

**Semiárido:** clima com baixa umidade e pouca chuva.

Figura 15. Imagem da oitava folha do livro, contendo glossário, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

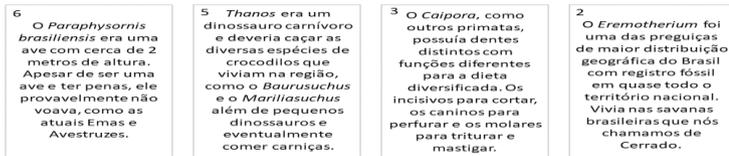


Figura 16. Imagem do verso da primeira folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

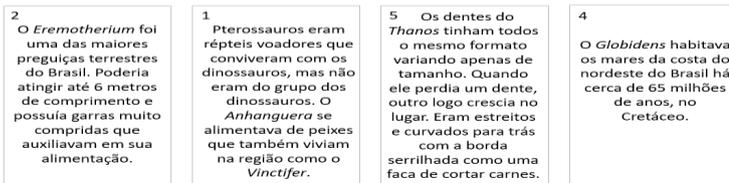


Figura 17. Imagem do verso da segunda folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

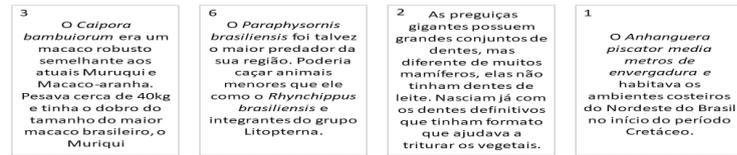


Figura 18. Imagem do verso da terceira folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

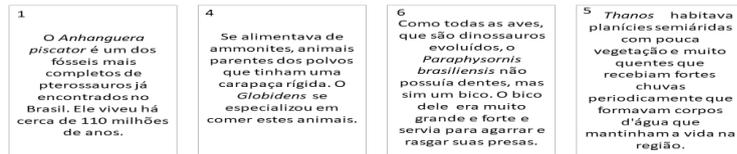


Figura 19. Imagem do verso da quarta folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

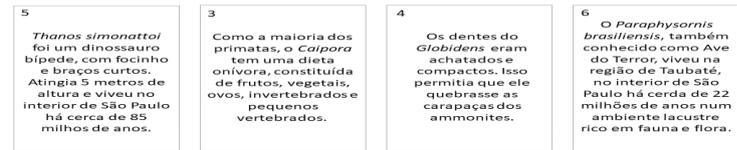


Figura 20. Imagem do verso da quinta folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

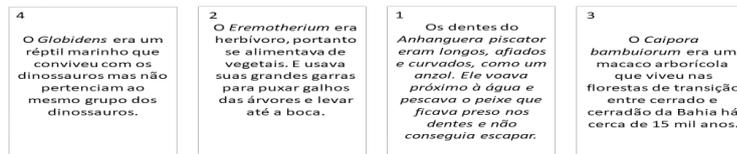


Figura 21. Imagem do verso da sexta folha do livro, contendo as fichas embaralhadas, dimensionada para uma folha de papel tamanho A4

## Sugestões lúdicas e didáticas para aproveitamento da obra

As lâminas podem ser também utilizadas distribuindo-as no chão embaralhadas, para então os alunos pendurá-las em ordem em um varal de linha na parede, ou até mesmo colocar em ordem no chão, separando cada animal com suas fichas de alimentação, dentição e habitat.

Os textos explicativos do verso das fichas podem ou não ser impressos. Mas servem como um guia do conteúdo, que pode ser abordado pelo docente com as crianças.

O livro pode ser impresso em um papel de gramatura maior ou em papel sulfite e plastificado para ficar mais resistente e permitir a interação de virar as cartelas sem rasgá-las ou danificá-las. O professor pode, assim, enviar o livro para a casa de cada criança. Uma de cada vez, com sorteio da ordem de quem levará primeiro o livro para casa. A intenção é de que os pais e/ou responsáveis pelas crianças interajam com o material junto com as crianças. Dessa maneira, podem fazer parte do projeto executado em sala de aula, ampliando ainda mais o poder de alcance do material didático e disseminando o conhecimento trabalhado, transmitido o que é aprendido em sala de aula.

O material apresentado explora a comunicação visual, despertando interesse pela leitura, ao já apresentar durante as descobertas das letras e sílabas um livro que pode ser usado em sala de aula de maneira interativa com os estudantes. Também proporciona a oportunidade de experiências que tratam de tempo, com o fato de os animais serem extintos, proporcionando trabalhar também temas atuais com as crianças, relacionando as mudanças climáticas e as extinções com situações ambientais. Por fim, destaca-se a versatilidade do material, que pode ser utilizado também com crianças mais velhas já alfabetizadas, que podem aproveitar o material sem a necessidade obrigatória da ajuda de nenhuma pessoa que saiba ler.

## Referências

- Alvarenga, H. M. F. (1982). Uma gigantesca ave fóssil do cenozoico brasileiro: *Paraphysornis brasiliensis* sp. n. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 54(4), 697-712.
- Anelli, L. E. (2015). *Dinossauros e outros monstros. Uma viagem à Pré-História do Brasil*. São Paulo, Editoras Peirópolis e Edusp.
- Bargo, M. S. (2001). The ground sloth *Megatherium americanum*: Skull shape, bite forces, and diet. *Acta Palaeontologica Polonica*, 46(2), 173-192.
- Bóas, I. V., & Carvalho, I. (1997). Répteis marinhos (mosasauria e plesiosauria) do Cretáceo Superior da Bacia de São Luís. In: Rossetti, D. F., Goês, A. M., & Truckenbrodt, W. (Eds.). (1997). *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi. p. 223-233.
- Bertoni-Machado, C. (2015). A história de um fóssil. In: Soares, M. B. (Org.). (2015). *A Paleontologia na sala de aula*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Paleontologia. p. 477-477. URL: <https://www.paleontologiasaladeaula.com/>. Acesso 23.02.2023.

- Branco, J. O., Fracasso, H. A. A., Efe, M. A., Bovendorp, M. S., Bernardes-Jr, J. J., Manoel, F. C., & Evangelista, C. L. (2010). O atobá-pardo *Sula leucogaster* (Pelecaniformes: Sulidae) no Arquipélago de Moleques do Sul, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 18(3), 222-227.
- Brasil. Ministério da Educação. (2017). *Base Nacional Comum Curricular. Educação é a base*. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica. 326p. URL: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso 10.04.2023.
- Cartelle, C., & Hartwig, W. C. (1996). A new extinct primate among the Pleistocene megafauna of Bahia, Brazil. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(13), 6.405-6.409. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.93.13.6405>.
- Cartelle, C., & De Iuliis, G. (2006). *Eremotherium laurillardii* (Lund)(Xenarthra, Megatheriidae), the Panamerican giant ground sloth: taxonomic aspects of the ontogeny of skull and dentition. *Journal of Systematic Palaeontology*, 4(2), 199-209. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1477201905001781>.
- Carvalho, M. E. P. (2000). Relações entre família e escola e suas implicações de gênero. *Cadernos de Pesquisa*, 110, 143-155.
- Delcourt, R., & Iori, F. V. (2018). A new Abelisauridae (Dinosauria: Theropoda) from São José do Rio Preto Formation, Upper Cretaceous of Brazil and comments on the Bauru Group fauna. *Historical Biology*, 32(7), 917-224. DOI: <https://doi.org/10.1080/08912963.2018.1546700>.
- Fariña, R. A., Vizcaíno, S. F. & Iuliis, G. (2013). *Megafauna. Giant Beasts of Pleistocene South America*. Bloomington: Indiana University Press.
- Forasiepi, A., Martinelli, A., & Blanco, J. (2007). *Bestiario fósil. Mamíferos del Pleistoceno de la Argentina*. Buenos Aires: Editorial Albatros.
- Godoy, P. L., Ferreira, G. S., Dassic, E. C. G., Castro, A. C. M. C., & Hsiou, A. S. (2017). Formação continuada no ensino de Paleontologia, pelo exemplo do projeto “Oficina de Paleontologia: os fósseis dentro da sala de aula”. *Revista de Cultura e Extensão USP*, 17, 11-19. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9060.v17isupl.p11-19>.
- Jiménez-Huidobro, P., Simões, T. R. & Caldwell, M. W. (2017). Mosasauroids from Gondwanan Continents. *Journal of Herpetology*, 51(3), 355-364. DOI: <https://doi.org/10.1670/16-017>.
- Kellner, A. W. A., & Tomida, Y. (2000). Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the pterosaur fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), northeastern Brazil. *National Science Museum Monographs*, 17, 1-135. URL: [cir.nii.ac.jp/crid/1571135651950188288](http://cir.nii.ac.jp/crid/1571135651950188288). Acesso 23.02.2023.
- Lorenzi, H. (2008). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum.
- Maisey, J. G. (Ed.). (1991). *Santana fossils: an illustrated atlas*. New York: TFH Publications Inc.
- Martine A. M., Domenichelli, G., & Dominiciano, P. M. (2022). *Gigantes do passado*. São Paulo: Panda Books.
- Martine, A. M., Ricardi-Branco, F., & Beloto, B. (2017). Descrição dos métodos paleoartísticos para reconstruções de animais e vegetais fósseis. *Têrre Didática*, 13(2), 101-112. DOI: <https://doi.org/10.20396/>

- td.v13i2.8650086.
- MacPhee, R. D. E. (2019). *End of the megafauna. The fate of the world's hugest, fiercest, and stranger animals*. New York: W. W. Norton.
- Molina-Pérez, R., & Larramendi, A. (2019). *Encyclopedia of Dinosaurs: the Theropods*. London: The Natural History Museum.
- Neves, J. P., Campos, L. M. L., & Simões, M. G. (2015). Atividades lúdicas (jogos) como ferramentas no ensino de Paleontologia. In: Soares, M. B. (Org.). (2015). *A paleontologia na sala de aula*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Paleontologia. p. 455-554. URL: <https://www.paleontologianasaladeaula.com/>. Acesso 23.02.2023.
- Pauliv, V. E., & Sedor, F. A. (2015). Simulando o processo de fossilização. Soares, M. B. (Org.). (2015). *A paleontologia na sala de aula*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Paleontologia. p. 520-524. <https://www.paleontologianasaladeaula.com/>. Acesso 23.02.2023.
- Tavares, S. A. S., Branco, F. R., & Santucci, R. M. (2014). Theropod teeth from the Adamantina Formation (Bauru Group, Upper Cretaceous), Monte Alto, São Paulo, Brazil. *Cretaceous Research*, 50, 59-71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2014.03.021>.
- Wellnhofer, P. (1991). *The Illustrated Encyclopedia of Pterosaurs*. London: Salamander Books.

# Atividades educativas e recursos didáticos em Geociências no Ensino Fundamental 1

Denise de La Corte Bacci

Dayane Gomes da Silva

Caio Henrique Pires Rocha

Para aprimorar a aprendizagem, novas abordagens das matérias tradicionais têm sido pesquisadas. Isso possibilita que os estudantes atinjam uma compreensão mais profunda do conhecimento científico (Bransdsford et al., 2007). A ênfase na aprendizagem com entendimento (aprender e entender) coloca em foco os processos do conhecimento, uma vez que os seres humanos trazem consigo conhecimentos, habilidades, crenças e conceitos prévios, segundo Bransdsford et al. (op.cit.), que influenciam significativamente o que percebem sobre o ambiente e o modo como aprendem. Assim, as crianças, de forma geral, elaboram o novo conhecimento e o entendimento com base no que já sabem e no que acreditam. Os professores devem, então, considerar tais ideias e concepções dos estudantes, uma vez que elas podem ser bem diferentes do que eles próprios consideravam.

## Como aprendemos?

Um exemplo comum de aprender e entender é o que ocorre quando as crianças são solicitadas a desenhar onde os humanos estão no planeta Terra. Os desenhos indicam, em grande parte, o ser humano no interior da Terra, ou seja, a concepção prévia é de que vivemos dentro do planeta e não na superfície. Há certa dificuldade de conceber a Terra como uma esfera/geoide e que nós estejamos na superfície, o que pode levar a, ou reforçar, uma concepção equivocada da Terra plana.

No caso das Ciências da Terra, as ideias prévias dos estudantes podem também resultar em obstáculos para a aprendizagem, no sentido de que elas estão associadas a modos próprios de pensamento dos sujeitos e, portanto, relacionadas à sua aprendizagem (Regalía, 2020).

A visão estática de objetos geológicos, por exemplo, aparece como um obstáculo a ser enfrentado, como primeiro passo para se reconstruir uma história e, a partir daí, apropriar-se dos demais conteúdos geológicos. Regalía (2020) ressalta, com base em Astolfi (1988), que os obstáculos se diferenciam das concepções prévias, sendo que estas últimas estão ligadas ao contexto do conhecimento em particular, como o interior da Terra, por exemplo. Já os obstáculos apresentam um caráter mais geral e profundo. Para Pereira (2002) as concepções alternativas interferem na interpretação pessoal e social do cotidiano, e condicionam o processo de aquisição de novas aprendizagens.

O ensino de Ciências da Natureza nas séries iniciais tem grande importância na vida cotidiana das crianças. Nessa faixa etária, além da curiosidade aguçada, as crianças começam a desenvolver uma compreensão sofisticada, mas nem sempre correta dos fenômenos ao seu redor, como apontam Bransdsford et al. (2007). Muitas vezes, elas possuem concepções incorretas acerca dos conhecimentos científicos, outras vezes dispõem de uma compreensão precoce que pode ajudar na construção de novos conhecimentos. Três princípios são de grande importância para a aprendizagem das crianças (Bransdsford et al., op. cit.):

- I. os estudantes têm ideias preconcebidas sobre como o mundo funciona que precisam ser consideradas para que, a partir da compreensão inicial, o ensino lhes ofereça oportunidades para elaborar ou contestar a compreensão inicial. Crianças dessa faixa etária precisam expandir a compreensão existente e elaborá-la, para desenvolver a compreensão científica;
- II. o segundo princípio é que o conhecimento factual, contextualizado no arcabouço científico, é necessário para a construção aprofundada do conhecimento. Os estudantes devem ter oportunidade de aprender e compreender profundamente o assunto, transformando a informação em conhecimento e desenvolvendo um arcabouço conceitual;
- III. o terceiro princípio se relaciona com a abordagem metacognitiva: em relação ao desenvolvimento da aprendizagem, é importante que os estudantes avaliem a própria aprendizagem, discernindo quando entendem e quando precisam de mais informação. Nesta direção, as propostas de atividades pelos professores que focam na metacognição passa a ter papel relevante na aprendizagem.

A metacognição refere-se à capacidade de uma pessoa “prever o próprio desempenho em diversas tarefas” e “monitorar seus níveis de compreensão”, possibilitando aprofundar-se em relação ao *que* aprende e *como* aprende (Brandsford et al., 2007).

Guimarães (2004), dentre outros autores, apontou que os temas abordados pelos professores de Ciências, em geral, são desconexos do cotidiano das crianças, dificultando a sua compreensão, além de apresentarem uma abordagem conceitual superficial. Ao contrário, as Geociências podem oferecer muitas possibilidades de relação com o cotidiano dos alunos, seja em função de sua natureza interdisciplinar, seja pela abordagem das dimensões espaço-tempo no levantamento e na análise de problemas socioambientais locais. Podem ainda subsidiar práticas de educação ambiental, voltadas ao desenvolvimento de atitudes críticas e participativas, em busca de transformações do lugar/ambiente, conforme apontam Santos (2011), Silva (2009) e Compiani (2013, 2015) e Compiani, Zimmermann & Briguenti (2020).

As Geociências apresentam, ainda, possibilidades de aprendizagem para a compreensão aprofundada dos fenômenos e processos do meio físico e dos procedimentos científicos para conhecer o planeta, bem como elaborar teorias que expliquem a sua evolução ao longo do Tempo Geológico, além de promover conhecimentos que levem a ações e práticas sustentáveis. Entendemos que a abordagem geocientífica nas séries iniciais possa promover o desenvolvimento do pensamento sistêmico e da visão integrada da dinâmica planetária, os quais contribuem para a formação dos conhecimentos científicos das crianças.

O presente Capítulo descreve experiências educativas desenvolvidas no contraturno escolar e no ensino regular de uma escola pública da cidade de São Paulo, em parceria com professoras do Ensino Fundamental 1 (EF1), que abordam no currículo temas das Geociências. As propostas educativas dialogam com a literatura no campo da alfabetização geocientífica, tendo como base os princípios de como as crianças aprendem os conhecimentos científicos.

## **Ciências da Terra nos anos iniciais da educação básica**

Salvador (2018), ao pesquisar a educação em Ciências e a formação de pedagogos, realizou uma revisão sobre o ensino de Ciências nas séries iniciais e alguns aspectos serão trazidos aqui para a contex-

tualização das Ciências da Terra no ensino de Ciências da Natureza. No Brasil, a partir da década de 1970, definiu-se a obrigatoriedade do ensino de Ciências para todas as séries do então denominado ensino de 1º grau e, hoje, ensino fundamental (Augusto & Amaral, 2015). A educação em Ciências desde os primeiros anos de escolaridade é justificada por Rodrigues (2011) pelo fato de proporcionar o entendimento da complexidade, da incerteza e da imprevisibilidade, natural à própria construção das ciências e do pensamento científico. O autor aponta que a alfabetização científica é imprescindível para a construção de seres humanos mais qualificados e para uma sociedade também de melhor qualidade, ou seja, uma educação: (a) capaz de formar cidadãos detentores de conhecimentos científicos e técnicos; (b) orientada por princípios concordantes com formas de desenvolvimento, social e econômico mais sustentáveis; (c) formadora de cidadãos que exerçam a cidadania com sentido planetário.

A educação em Ciências apresenta relevância ao: (i) aproveitar-se da curiosidade das crianças sobre o mundo que as cerca e da sede por explicações que dialoguem com a realidade delas; (ii) auxiliar na construção de uma imagem positiva das Ciências e dos cientistas e do seu papel na sociedade; (iii) promover o pensamento reflexivo e criativo não apenas para resolver problemas, mas para compreender processos e fenômenos do mundo natural na interface com as sociedades e seus modos de produção e ação (Salvador, 2018). Em concordância com os autores mencionados, Martins (2007), ao abordar a relevância do ensino de Ciências para o EF1, considera que a ênfase deva ser colocada no desenvolvimento de uma ampla compreensão dos conteúdos e da própria natureza da Ciência, explorando-se os seus grandes temas e a origem das ideias científicas.

Em relação às Ciências da Terra, o que se observa na literatura no Brasil são iniciativas ainda escassas voltadas ao EF1. As propostas para esse nível educacional estão voltadas a atividades educativas pontuais, na forma de oficinas ou jogos com temas específicos (Soares et al., 2015, Silva, 2018, Araújo, 2020, Costa et al., 2021), à análise de documentos orientadores oficiais, como a BNCC ou o currículo dos estados (Ponte & Piranha, 2020) e à análise dos conteúdos das Geociências nos livros didáticos (Costa & Souza, 2019, Silva & Souza, 2020). A maioria dos trabalhos, no entanto, é voltada para o intervalo do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental 2 (Vieira et al., 2016, Guimarães et al., 2019).

## Recursos didáticos para ensinar e aprender as Ciências da Terra

Os recursos didático-pedagógicos são os materiais estruturados e planejados com a finalidade de ensinar algo, de construir um conhecimento. São exemplos de recursos didáticos: artigos, apostilas, livros, softwares, sumários de livros, trabalhos acadêmicos, apresentações em PowerPoint, filmes, atividades, exercícios, ilustrações, jogos, maquetes etc. (Ferreira, 2007).

O ensino de Ciências da Terra contempla o desenvolvimento de diferentes habilidades para a compreensão do mundo físico, como o entendimento do tempo profundo, das escalas de tempo e espaço, do local e do global (Compiani, 2007), a construção da visão espacial na interação com o ambiente físico e social (Silva, 2009, Santos, 2011), os fenômenos e processos que não são passíveis de visualização ou experimentação, bem como da elaboração do raciocínio geológico (Frode-man, 2010). Tais particularidades das Ciências da Terra podem não ser experimentadas ou apreendidas pelos professores da educação básica, uma vez que não faz parte da maioria dos cursos de formação inicial dos pedagogos, como apontam Silva (2009) e Salvador (2018). Desta forma, os professores podem encontrar dificuldades para elaborar atividades educativas no contexto das Ciências Naturais, quando os temas geológicos se fazem presentes (BNCC, Brasil, 2017, Ponte & Piranha, 2020). Ainda existe um distanciamento entre os temas abordados em sala de aula e a realidade dos estudantes, o que pode ser melhorado com a compreensão dos processos geológicos contextualizados com o cotidiano dos estudantes e recursos didáticos apropriados.

Diferentes metodologias de ensino são encontradas na abordagem dos conteúdos das Ciências da Terra no ensino fundamental (Compiani & Carneiro, 1993, Compiani, 2005, Santos, 2005, Pommer & Pommer, 2012, Compiani, 2013, 2015, Pirani et al., 2017, Salvador, 2018, Salvador & Bacci, 2018, Silva, 2018).

Ao pensar em diferentes abordagens metodológicas e nos recursos didáticos a elas associados, como mapas, modelos, coleções de minerais e rochas, amostras e réplicas de fósseis, representações de processos, maquetes etc. – apesar da sua grande importância na aprendizagem dos alunos – nem sempre eles são utilizados pelos professores. Jogos, experimentos, brincadeiras e dinâmicas aparecem como ótimas opções

para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem (Junior et al., 2018), para além das explicações teóricas dos conceitos.

Ponte e Piranha (2018) apontam que a falta de diversidade e a indisponibilidade de recursos didáticos adequados para os níveis de ensino na educação básica geram desinteresse na aprendizagem do conteúdo, principalmente de Geociências. Por ser uma área interdisciplinar, visa o entendimento integrado do planeta Terra e sua compreensão possibilita aos estudantes construir conexões com a realidade socioambiental. Percebe-se, assim, a necessidade de diversificar os recursos didáticos em Geociências, adequá-los para os níveis escolares e faixas etárias e buscar estratégias de ensino alternativas às formas tradicionais, que se baseiam predominantemente em imagens nos livros didáticos, exposições de conteúdos na lousa, cópias de textos e questionários e, às vezes, vídeos ilustrativos. Camargo et al. (2021) apresentam uma revisão da literatura sobre jogos em Ciências da Terra e seus contributos no ensino. A revisão possibilitou identificar 25 jogos publicados para o ensino básico, superior e profissionalizante, os quais foram considerados eficazes para aprendizagem dos conteúdos geocientíficos.

Assim, os recursos didáticos em Ciências da Terra podem potencializar o entendimento da dinâmica planetária, a qual ocorre por ciclos e processos ao longo do Tempo Geológico, sem obliterar a influência antrópica. Visam sempre à:

(...) formação de um cidadão crítico, que pertence e interfere no Sistema Terra, de forma a compreender as consequências de sua atuação, o que envolve o estímulo aos estudos em Ciências da Terra (Garcia et al., 2014, p.332).

Alguns exemplos de desenvolvimento de recursos didáticos usados em Ciências da Terra são descritos por Tulio (2013), Bacci et al. (2013), Garcia et al. (2014), Guimarães et al. (2017), Xavier, Menezes & Cavalcanti (2017), Araújo (2020), Silva et al. (2019), Guimarães et al. (2019), München & Schwanke (2020), Costa et al. (2021).

Silva (2018) aponta que os recursos didáticos têm como principal objetivo facilitar a assimilação dos conteúdos, tornando mais atraentes e dinâmicas as aulas. Muitos recursos sobre Geociências estão disponíveis para professores na internet, variando de jogos, animações, experimentos, porém muitos materiais estão em inglês, espanhol ou alemão, e nem sempre possuem legendas. Livros com conteúdos específicos, coleções e modelos ainda ficam restritos às universidades e, dentre os materiais

disponíveis, poucos são pensados e elaborados para crianças de 6 a 10 anos, requerendo adaptação dos materiais para o público infantil. Ainda podemos encontrar outros recursos, reunidos no website *Science Education Resource Center* (SERC) (<https://serc.carleton.edu/k12/index.html>), no qual existem centenas de atividades em sala de aula, organizadas por nível de ensino e tema, bem como orientações que podem ser utilizadas por professores da educação básica. No entanto, são pouco acessados em função da barreira linguística.

Cleophas & Soares (2018) alertam para o perfil atual dos estudantes que, ao mesmo tempo em que estão mais informados, também estão cada vez mais dispersos em sala de aula. O elevado acesso à informação vai na contramão do seu interesse pelas aulas, as quais muitas vezes não são convidativas e interessantes para esta geração do século XXI. Os mesmos autores apontam que, na atual conjuntura, o ensino de Ciências deve ser disruptivo, no sentido de romper com o tradicionalismo operante em sala de aula.

O ensino precisa ter uma nova perspectiva que permita um olhar inovador para a formação de cidadãos críticos e reflexivos que sejam capazes de se adequar às demandas que o atual século impõe, frente à construção de um mundo melhor, mais justo e especialmente, mais humanizado. Precisamos de uma educação em Ciências que seja disruptiva, ou seja, que rompa o tradicionalismo ainda operante nas salas de aula (Cleophas & Soares, 2018, p.11).

Em relação a propostas educativas que levam em consideração a disruptão, Lisboa & Santos (2020) realizaram um estudo sobre a contribuição do uso de cenários futuros e, em particular, as distopias, como estratégia didático-pedagógica para a análise crítica e reflexiva das mudanças socioambientais no entorno escolar, com alunos do ensino médio em aulas de Geografia. As autoras apontam que o uso do cenário como meio de investigação é um exercício de observação, imaginação e auto-avaliação, no qual os jovens passam a se perceber como agentes de transformação, e portanto, é um instrumento de reflexão crítica sobre a realidade socioambiental.

A valorização da ludicidade no formato de jogos educacionais atua como estratégias que possuem elevado potencial de fornecer aprendizagens complexas, o que requer rigoroso planejamento sobre a atividade. É importante dar direcionamentos teóricos-metodológicos no que tange aos preceitos científicos necessários ao ensino que envolvem a ludicidade na aprendizagem (Cleophas & Soares,

2018). Segundo Prado (2018), a partir de atividades lúdicas, o aluno desenvolve várias capacidades, explorando e refletindo a realidade. O interesse do aluno pode ser despertado quando são utilizados diferentes métodos educativos, sendo os jogos uma forma diversificada de evoluir com o aprendizado. O autor afirma que a competitividade, mesmo durante o lazer, é própria dos seres humanos e desperta o interesse pelos jogos em geral.

Para Almeida (2007), a educação lúdica contribui para a formação da criança e do adolescente, possibilitando crescimento sadio, porque sua prática requer participação franca, criatividade, desenvolvimento da capacidade crítica, promoção e interação social, além de um forte compromisso de transformação e modificação do meio. Para Kishimoto et al. (2011) e Kishimoto (2018), existem diferenças entre jogo educativo e jogo didático. O jogo educativo é mais dinâmico e aberto à exploração, tal como os jogos de letras, o lego, a torre de equilíbrio. Para a autora, os dois tipos de jogos estão orientados a estimular o desenvolvimento cognitivo e são importantes para o desenvolvimento do conhecimento escolar mais elaborado.

Soares (2013) aponta ser importante garantir que as funções lúdicas e educativas estejam em estreito equilíbrio para que o jogo seja considerado divertido e ao mesmo tempo educativo. Cleophas et al. (2018) apresentam uma classificação que propõe definições do jogo didático e do jogo pedagógico. À parte essas definições, consideram que o jogo educativo informal é diferente do educativo formalizado, pois este último apresenta uma intencionalidade pedagógica. Os autores defendem que, ao desenvolver um jogo educacional que possua requisitos favoráveis à (re)construção do conhecimento, se está contribuindo com o amadurecimento intelectual do indivíduo que o joga. Se o jogo for aplicado para atender a uma finalidade que vise à aquisição de conhecimentos específicos sobre determinados conteúdos existentes em um dado currículo das Ciências Naturais, como a Química, Física ou Biologia, ele se caracteriza como um Jogo Educativo Formalizado.

## **Atividades educativas extracurriculares**

O projeto de contraturno *Decifrando a Terra: Ensino de Geociências para crianças* tem proporcionado o desenvolvimento de atividades edu-

cativas e recursos didáticos em Ciências da Terra com estudantes de escolas públicas das redes municipal e estadual na cidade de São Paulo (Bacci et al., 2013, Silva, 2018, Silva & Bacci, 2018, Silva et al., 2019).

O contraturno escolar é uma forma de ampliar o tempo de permanência dos alunos no ambiente escolar e se caracteriza como um período em horário contrário ao turno dos alunos, no qual são desenvolvidas diversas atividades de âmbito educativo (Brasil, 2013).

O cotraturno *Decifrando a Terra* é um projeto que tem como objetivo despertar o interesse por temas geocientíficos nem sempre abordados no currículo, além de complementar conteúdos ministrados nas aulas de Ciências. Durante os dez anos em que vem sendo desenvolvido em parceria com escolas da rede pública, possibilitou experiências voltadas para estudantes de graduação, para alunos do ensino fundamental e para os professores em exercício (Pirani et al., 2017, Silva et al., 2019, Rocha et al., 2021).

A elaboração das atividades educativas e de recursos didáticos é realizada pelos estudantes de graduação dos cursos de licenciatura em Geociências e Educação Ambiental e do bacharelado em Geologia, da Universidade de São Paulo, bolsistas e voluntários, e leva em consideração a faixa etária, os temas de interesse das crianças, o nível de alfabetização e, principalmente, a ludicidade.

A Tabela 1 apresenta algumas atividades desenvolvidas no âmbito do projeto, classificadas em quatro modalidades: modelos, dinâmicas, jogos e contação de histórias.

As Ciências da Terra apresentam alguns temas estruturantes, sendo um deles o pensamento sistêmico, que engloba a compreensão das interações e dos feedbacks entre as partes integrantes do planeta (as esferas terrestres) ao longo do tempo geológico (King, 2008, Kastens & Manduca, 2012). O conceito da Terra como um sistema, composto por vários subsistemas e sendo ela mesma um subsistema de um sistema maior, é tema das ciências nos currículos em todo o mundo.

Ao considerar essa compreensão do Sistema Terra como tema central para compreender a dinâmica planetária, uma sequência didática foi desenvolvida com o objetivo de que as crianças identificassem algumas características de um sistema, como a interdependência, o equilíbrio e a ordenação. As atividades foram organizadas de forma complementar, envolvendo os estudantes em atividades de cooperação, organização e elaboração de estratégias em grupo. As atividades *pincel na garrafa*, *ponte*

Tabela 1. Modalidades de atividades desenvolvidas no contraturno

**Modelos:** os modelos são usados com o propósito de tornar possível uma analogia com a realidade. Esse recurso, uma vez mantido o rigor científico, permite uma aprendizagem mais efetiva de temas que requerem maior capacidade de abstração por parte dos alunos.



*Modelo de vulcões e modelo do Sistema Solar*

**Dinâmicas:** são brincadeiras desenvolvidas com a finalidade de abordar conceitos das Ciências da Terra. Essas atividades também proporcionam o desenvolvimento de habilidades e competências, pois os alunos participam de forma cooperativas, colaborativa e com uso de movimento corporal.



*Dinâmica da Teia: abordagem das esferas terrestres*

**Jogos:** possibilitam que os alunos entrem em contato, de maneira lúdica, com situações de investigação e reflexão.



*Jogo DO-MIN-ROC, elaborado por Mario dos Santos Nascimento*

*Quebra-cabeça das placas tectônicas*

**Contação de histórias:** atividades de mediação de leitura de diversos livros, por meio dos quais é possível explorar temas geocientíficos.



*Contação de histórias: cientista Zizi e a origem da vida.*

*Livro As cinco pedrinhas saem em aventura (Toledo & Imbernon, 2003).*

do equilíbrio, árvore do equilíbrio e trem de bexiga foram adaptadas de brincadeiras já existentes.

As atividades *pincel na garrafa* (Fig. 1) e *ponte do equilíbrio* (Fig. 2) tiveram como objetivo a identificação de três conceitos: interdependência, equilíbrio e ordenação; já as duas outras abordaram o estímulo à cooperação e a apreensão das características do sistema, além de serem usadas como atividades avaliativas da aprendizagem, as quais visavam responder à seguinte questão: *o que vocês precisam para realizar essa atividade e o que ela tem em comum com um sistema?*

As atividades foram usadas com turmas do projeto contraturno em 2019 e, associadas à dinâmica da Teia, possibilitaram que as crianças elaborassem o conceito de sistema, a partir de interação, equilíbrio e dependência aprendidos. De acordo com Bacci et al. (2013), Silva (2018) e Silva & Bacci (2018), o contraturno possibilita a organização de atividades educativas para os anos iniciais, a elaboração de metodologias de ensino em geociências, oportuniza a inserção dos estudantes no



Figura 1. Ilustração da atividade pincel na garrafa. Autor: Leonardo Cappucci



Figura 2. Ilustração da atividade ponte do equilíbrio. Autor: Leonardo Cappucci

ambiente escolar e a preparação profissional para a abordagem de temas pertinentes à sua formação, além da elaboração de materiais didáticos para o ensino fundamental.

Em nossa experiência em uma escola de educação básica em São Paulo, o projeto contraturno vem dialogando com as atividades curriculares do EF1, uma vez que é oferecido para alunos da mesma faixa etária. Na escola, utilizamos os mesmos espaços educativos, facilitando o desenvolvimento das atividades, pois as crianças já conhecem as salas de aula e o espaço externo da escola, além de abordarmos conhecimentos complementares ao currículo.

## Atividades educativas no currículo do Ensino Fundamental 1

Segundo o Projeto Político Pedagógico da escola (USP/EA, 2020), o Ensino Fundamental de Nove Anos (EF1 e EF2), considerando que o cuidar e o educar são funções indissociáveis da escola, tem por objetivos:

- I. o desenvolvimento da capacidade de aprender, com crescente autonomia e participação nos processos escolares, tendo como meios básicos o pleno domínio da leitura, da escrita e de conhecimentos matemáticos;

- II. a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, das artes, da tecnologia, das ciências, das práticas corporais e dos valores em que se fundamenta a vida social;
- III. a aquisição de conhecimentos e habilidades, e a formação de atitudes e valores como instrumentos para a participação democrática e para a construção de uma visão crítica do mundo, com destaque para a solidariedade e o respeito mútuos.

O Ensino Fundamental 1 compreende os cinco primeiros anos do Ensino Fundamental de Nove Anos, e se organiza em dois ciclos: do 1º ao 3º ano, e do 4º ao 5º ano.

Tem por objetivos:

- o desenvolvimento das crianças e de sua autonomia, respeitando as características etárias e as diferenças individuais, considerando aspectos afetivos, cognitivos, corporais, criativos, estéticos, culturais, de relacionamento interpessoal e de inserção social;
- a alfabetização e o desenvolvimento da proficiência em leitura e escrita em todas as áreas de conhecimento, bem como o desenvolvimento de diversas formas de expressão verbal e não verbal por meio de vivências e de experiências lúdicas, em uma perspectiva articulada dos conteúdos escolares que valorize as experiências e saberes dos educandos.
- a garantia da equidade de aprendizagem com respeito aos diferentes ritmos, necessidades e formas de aprender, por meios de práticas de organização em ciclos.

Na área de Ciências da Natureza, o objetivo é ampliar a curiosidade das crianças, incentivá-las a levantar hipóteses e a construir conhecimentos sobre os fenômenos biológicos, físicos e químicos, sobre os seres vivos e sobre a relação entre o homem e a natureza e entre o homem e as tecnologias. É importante organizar os tempos e os espaços da escola para favorecer a observação, a experimentação, o debate e a ampliação de conhecimentos científicos. Compreender que o ser humano é parte integrante da natureza e pode transformar o meio em que vive (USP/EA, 2020). Os objetivos gerais da disciplina Ciências para o 3º ano e para o Ciclo 4º e 5º anos, segundo os planos de ensino do EF1 são:

### **3º ano:**

- Viabilizar elementos do processo da Alfabetização Científica.
- Oportunizar situações de aprendizagem para registros e comunicações do processo da Alfabetização Científica.
- Valorizar a vida em todas as suas formas e manifestações, compreendendo que o ser humano é parte integrante da natureza e pode transformar o meio em que vive.
- Compreender a importância das atitudes individuais e coletivas para preservação, conservação e uso racional dos recursos do planeta.

### **4º e 5º anos:**

- Compreender a importância das atitudes individuais e coletivas para preservação, conservação e uso racional dos recursos do planeta.
- Compreender o organismo humano como um todo integrado, considerado nas dimensões biológica, afetiva e social.
- Reconhecer e compreender a ocorrência de ciclos na natureza (ciclo da água, ciclo da matéria orgânica, ciclo geológico, ciclo da vida).
- Desenvolver atitude investigativa: elaborar hipóteses, planejar pesquisas, observações e experimentos.
- Organizar, registrar e socializar informações científicas por meio de desenhos, quadros, tabelas, esquemas, listas e textos.
- Refletir sobre o uso dos recursos naturais, reconhecendo o papel da evolução tecnológica na maneira como o homem interfere no ambiente.
- Compreender o processo de poluição e despoluição do rio Tietê ao longo do seu percurso.
- Assumir atitudes e valores de admiração, respeito e preservação de si, do outro, de outras espécies e da natureza.
- Ter ações relacionadas ao cuidado de si, do outro, da natureza, dos recursos naturais, de modo a proteger a vida no planeta.

Os conteúdos de Ciências da Terra estão concentrados do 6º ao 9º ano no currículo nacional e no paulista (BNCC, Brasil, 2017, São

Paulo, 2019, Ponte & Piranha, 2020). No EF1, apresentam-se do 2º a 5º ano. No entanto, há pouca literatura no país com discussões sobre os temas geocientíficos nas séries iniciais. Apresentamos neste item as atividades em Geociências elaboradas pelas professoras, destacando-se os conteúdos dos 3º, 4º e 5º anos (Tab. 2).

As atividades educativas elaboradas e desenvolvidas pelas professoras do EF1, em parceria com o Instituto de Geociências da USP, apontam possibilidades de inserção das Ciências da Terra no currículo escolar. A parceria tem promovido uma série de alterações no currículo, ampliando os temas geocientíficos. Teve início em 2007 com cursos de formação continuada, elaboração de atividades em diferentes séries, acompanhamento das aulas, dos trabalhos de campo e produções científicas em colaboração. A parceria de longa duração, associada às atividades do contraturno escolar, possibilitou que as professoras inserissem temas geocientíficos em seus planos de aula, nos estudos do meio, bem como passassem a usar o Museu de Geociências como espaço educativo. Em 2011, a professora do 5º ano inseriu a temática “Planeta Terra” no currículo e, em 2014, ocorreu a reestruturação do Currículo de Ciências do

Tabela 2. Presença das Ciências da Terra nos planos de ensino do EF1 da escola de educação básica em 2019

1º Ciclo do Ensino Fundamental 1
Conteúdo do 3º ano
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo sobre a origem da água no planeta Terra.</li> <li>• Reflexão sobre a importância da água para a manutenção da vida dos seres vivos.</li> <li>• Estudo sobre o surgimento da vida na água.</li> <li>• Descrição e análise do ciclo da água.</li> <li>• Observação e identificação dos estados físicos da água e das mudanças de estado físico da água.</li> <li>• Estabelecimento de relações entre os estados físicos da água e o ciclo da água.</li> <li>• Reflexão sobre as influências da água no clima.</li> <li>• Compreensão do que é um aquífero.</li> <li>• Compreensão de como se forma um rio.</li> <li>• Identificação das partes de um rio (nascente, afluente, leito, margem e foz).</li> <li>• Estudo sobre os tipos de solo e a permeabilidade dos solos.</li> <li>• Compreensão do que é uma bacia hidrográfica.</li> </ul>

---

2º Ciclo do ensino fundamental 1 (4º ao 5º ano)

---

Conteúdo do 4º ano

---

**PLANETA TERRA: O QUE POSSIBILITA A VIDA NO PLANETA TERRA? COMO É O INTERIOR DO PLANETA TERRA?**

- Dinâmica Externa: Compreender as características do planeta Terra que propiciam o surgimento da vida.
  - Estudar o tempo de formação do planeta Terra, sua transformação constante e os principais eventos que se sucederam até hoje.
  - Compreender as características do planeta Terra que propiciam o surgimento da vida.
  - Sistema Terra: conhecer e compreender as relações entre as esferas terrestres (litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera) no tempo geológico do planeta.
  - Atmosfera: ideias iniciais. Observar, investigar e registrar os tipos de nuvens.
  - Relacionar tipo de nuvem e altitude, classificando-as por suas principais características.
  - Perceber a variação das nuvens e relacionar com a condição do tempo. Entender a relação entre condição do tempo, formação das nuvens, umidade e temperatura.
  - Identificar nebulosidade em imagens de satélite. Identificar principais elementos para leitura de previsão do tempo.
  - Litosfera: Compreender as características da litosfera, em especial, da crosta terrestre (oceânica e continental).
  - Relacionar a visita com a leitura e escuta da história “Viagem ao centro da Terra”, de Júlio Verne.
  - Investigar e estudar o tempo de formação do planeta Terra, sua transformação constante e os principais eventos que se sucederam até hoje.
  - Entender a relação entre as dinâmicas internas e externas do planeta Terra.
  - Dinâmica Interna: Conhecer a estrutura e a composição do planeta Terra (camadas internas).
  - Compreender as características do planeta Terra que propiciam o surgimento da vida.
  - Compreender a ação das placas litosféricas na formação dos continentes: vulcanismo e tectonismo.
  - Participar de vivências e experiências com o conhecimento através da leitura de registros e marcas no meio (Saída de estudos: Parque do Varvito/Itu/SP; Parque Rocha Moutonnéc/Salto/SP). Investigação sobre afloramentos geológicos visitados: Parque do Varvito/Itu/SP e Parque Rocha Moutonnéc/Salto/SP.
  - Conhecer a trajetória de Alfred Wegener como autor da Teoria da Deriva Continental.
-

---

### Conteúdo do 5º ano

---

- Conhecimento das teorias científicas mais aceitas sobre a origem do Universo, do Sistema Solar e do Planeta Terra.
  - Discussão e reflexão sobre visões de mundo e de ciência (conhecimento científico e conhecimento popular) sobre a ciência astronômica.
  - A origem da vida na Terra na escala de tempo geológico (resfriamento do planeta, surgimento dos oceanos e da vida, principais extinções em massa).
  - A origem da vida humana na escala biológica e geológica (estudo dos fósseis).
  - Relacionar o tempo biológico da concepção, gestação e nascimento ao tempo na escala geológico da vida humana na Terra (estudo dos fósseis e suas transformações).
- 

EF1 com parceria FEUSP, onde outros temas foram inseridos no 3º e 4º anos. Em 2015, o novo currículo com a inserção das geociências em todos os anos escolares do EF1 foi implementado e, em 2019 passou a fazer parte do PPP da Escola.

No 4º ano encontramos a maior quantidade de temas abordados, no primeiro e no segundo trimestres e, aparecem integrados ao estudo do meio, com visita ao Parque do Varvito, em Itu (SP) e ao Parque da Rocha Moutonnée, em Salto (SP).

Para compreender como as professoras elaboram as sequências didáticas para as aulas de Ciências, apresentamos a do 4º ano (Pirani et al., 2017). A sequência didática objetivou o entendimento de características, composição e importância dos minerais para a sociedade, bem como promover a compreensão e a reflexão sobre o fato de que os constituintes da maior parte dos objetos e materiais usados pelo homem provêm dos minerais. A professora partiu da seguinte questão-problema: “do que são feitos os materiais que usamos em nosso cotidiano?”. Apresentou objetos de uso comum (materiais escolares, materiais eletrônicos etc.) e questionou sobre sua origem, ou seja, quais seriam seus constituintes e como chegaram até nós. Alguns objetos ficaram disponíveis aos alunos para que pudessem manuseá-los (Aula 1). A partir do diálogo e de fichas com outras perguntas, a professora estimulou os alunos a levantar hipóteses, usando também texto com informações importantes sobre um elemento da natureza que está presente em tudo o que nos cerca (Aula 2). A partir da identificação de que um dos materiais terrestres é o mineral, a sequência de atividades se desenvolveu de forma a conhecer melhor as características dos minerais (Aula 3), por meio da observação

da cristalização em laboratório da naftalina, da cânfora e do sulfato de cobre (Aulas 4 e 5). Nas atividades estiveram presentes a compreensão dos instrumentos e procedimentos usados no laboratório e o registro do experimento. Após as atividades, os alunos puderam compreender que os minerais estão presentes em nosso cotidiano, que existe uma exploração mineral que traz benefícios à vida humana, mas, também, consequências ao ambiente. Cada mineral possui características que lhe são próprias: forma, cor, brilho, textura, dureza. Na sequência das aulas, a professora procurou ampliar os conhecimentos dos alunos, introduzindo conceitos sobre os diferentes tipos de rochas e seus ambientes de formação (Aulas 6 a 10). A partir de atividades investigativas, vídeos e textos, preparou-os para uma saída de estudo no Parque do Várvido e Parque Rocha Moutonné (Itu e Salto, SP), local onde os alunos puderam compreender os processos de formação das rochas e minerais e a história geológica da região (Aula 11). Com o objetivo de compreender a história da Terra, foi proposta, após a saída de campo, a atividade da elaboração da Fita do Tempo Geológico (Aulas 12, 13 e 14), a qual serviu para ordenar os eventos ao longo do tempo e apresentar os materiais terrestres na escala de tempo geológico. Os resultados dessa sequência didática apontam que a apropriação do conhecimento através de atividades que possibilitam a investigação e o contato direto com o meio e seus elementos é muito mais instigante e eficiente do que as aulas expositivas concentradas em textos informativos e atividades de fixação de conceitos.

Em atividade elaborada para o 3º ano, as professoras usaram experimentos para promover a compreensão dos processos naturais, como na abordagem do conceito de permeabilidade e infiltração da água no solo. As professoras fizeram algumas perguntas antes de iniciar o experimento, para que os alunos pudessem formular hipóteses do que iria acontecer, para, depois, confrontar com os resultados obtidos após o experimento: (a) Quando se joga a água sobre as amostras de solo, ela se infiltrará (entrará nesses solos) ou ficará ali parada? (b) Em qual das amostras a água vai começar a pingar antes? (c) Em qual das amostras a água vai pingar por mais tempo? (d) Qual amostra pingará mais água? (e) Qual das amostras demorará mais tempo para começar a pingar a água? (f) A água que sair das amostras será cristalina ou terá uma outra coloração? (g) Qual das três amostras armazenará mais água? (h) Qual dessas amostras pode ser melhor para as plantas absorverem água para seu desenvolvimento e sobrevivência? (i) Qual solo poderá inundar com maior facilidade com uma chuva forte?

As práticas pedagógicas são orientadas pelo levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos temas a serem estudados e da problematização dos conteúdos a serem trabalhados. A problematização cria oportunidades para ensinar os estudantes a como questionar, interpretar, pesquisar, obter e selecionar informações, saber lidar com as diferentes opiniões. A experimentação possibilita aos estudantes organizar e manipular os materiais, observar os resultados e checar os resultados. Textos para leitura também são oferecidos pelas professoras, de modo a complementar e proporcionar organização das informações por meio de desenhos e elaboração de textos. A sistematização dos conhecimentos é realizada por meio das investigações sobre os temas estudados. Muitas outras atividades e experiências investigativas foram desenvolvidas pelas professoras no EF1 e têm contribuído para a alfabetização geocientífica das crianças.

As atividades metacognitivas e avaliativas são realizadas em várias etapas, desde a avaliação das perguntas prévias e das elaboradas na experimentação, das contribuições no caderno de campo, nas atividades no museu, dentre outras, que contribuem para a compreensão dos conhecimentos apreendidos e dos passos necessários para uma aprendizagem plena.

## Considerações Finais

Diante das experiências que envolveram alunos e professoras do EF1, estudantes de graduação e professores universitários, é possível afirmar que existem várias possibilidades de inserção de temas geocientíficos no Ensino Fundamental 1, sendo a parceria entre escolas e universidade um fator fundamental para que isso ocorra. O Capítulo apresentou algumas possibilidades de atividades já consolidadas desenvolvidas no contraturno escolar e no currículo escolar de uma escola da rede estadual em São Paulo. Apesar dos desafios e dos obstáculos apontados para a compreensão dos conteúdos geocientíficos na educação básica, o interesse pelas ciências e a curiosidade das crianças impulsionam a aprendizagem.

A organização das atividades baseia-se nos três princípios importantes para a aprendizagem das crianças, segundo Bransford et al. (2007), das concepções prévias dos estudantes, do conhecimento factual, contextualizado no arcabouço científico, e da metacognição. Nas atividades que as professoras do EF1 elaboraram e desenvolveram com

seus estudantes, os princípios aparecem de forma clara, sendo orientadas pela abordagem investigativa e integradas aos estudos do meio, promovendo a autonomia, respeitando as características etárias e as diferenças individuais dos alunos. A abordagem do ambiente a partir de um olhar geocientífico e do pensar sistêmico conduzem professores e alunos a entender melhor a dinâmica planetária, construindo conexões com a realidade.

## Referências

- Almeida, M. T. P. (2007). *Jogos divertidos e brinquedos criativos*. 4 ed. Petrópolis: Vozes.
- Astolfi, P. (1988). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *La Enseñanza de las Ciencias Naturales*. 6(2), 147-158. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5081>.
- Araújo, E. P. R. (2020). *Ensino de Ciências da Terra na educação básica: proposta do Jogo de Memória "Das Rochas à Vida"*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 61p. (Dissert. Mestrado). DOI: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1640339>.
- Augusto, T. G. S., & Amaral, I. A. (2015). A formação de professoras para o ensino de Ciências nas séries iniciais: análise dos efeitos de uma proposta inovadora. *Ciênc. Educ., Bauru*, 21(2), 493-509. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020014>.
- Bacci, D. C., Silva, D. B., Silva, D. G., Silva, K. B. V., & Saito, R. S. (2013). *Ensino de Geociências no contraturno escolar*. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (IX ENPEC). Águas de Lindóia, SP.
- Brandsford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Orgs.). (2007). *Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola*. São Paulo: Senac.
- Brasil. Ministério da Educação (2013). *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica*. Brasília: MEC. Secretaria de Educação Básica. MEC. <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso 04.08.2023.
- Brasil. Ministério da Educação. (2017). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC. URL: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versoafinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versoafinal_site.pdf). Acesso 04.08.2023.
- Camargo, R. P., Ponte, M. L., & Piranha, J. M. (2021). *Contributos dos jogos para o ensino de Ciências da Terra: uma revisão da literatura*. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Anais do V Conapesc. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/74033>. Acesso 04.08.2023.
- Cleophas, M. das; Cavalcanti, E. L. D., Soares, M. H. F. B. (2018). Afinal de Contas, é Jogo Educativo, Didático ou Pedagógico no Ensino de Química/Ciências? Colocando os pingos nos 'is'. In: Cleophas, M.G., Soares, M. H. F. B. (Orgs.) (2018). *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências. Teorias de Aprendizagem e outras interfaces*. São Paulo: Ed.

- Livraria da Física, p.33-43
- Cleophas, M. das G. & Soares, M. H. F. B. (Orgs.) (2018). *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências. Teorias de Aprendizagem e outras interfaces*. São Paulo: Ed. Livraria da Física.
- Compiani, M., Carneiro, C. D. R. (1993). Os papéis didáticos das excursões geológicas. *Investigaciones y Experiencias Educativas. Enseñanza las Ciencias de la Tierra*, 1(2), 90-98. URL: <http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/88098/140821>. Acesso 04.08.2023.
- Compiani, M. (2005). Geologia/Geociências no Ensino Fundamental e a Formação de Professores. São Paulo, *Geociências USP*, 3, 13-30. URL: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v3i0p13-30>. Acesso 04.08.2023.
- Compiani, M. (2007). O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. *Ciência & Educação*, 13(1), 29-45. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000100003>.
- Compiani, M. (Org.) (2013). *Ribeirão Anhumas na Escola: Projeto de Formação Continuada Elaborando Conhecimentos Escolares Relacionados à Ciências, à Sociedade e ao Ambiente*. Curitiba: CRV. 250p.
- Compiani, M. (Org.) (2015). *Ribeirão Anhumas na Escola: pesquisa colaborativa entre Escola e Universidade gerando conhecimentos contextualizados e interdisciplinares*. Curitiba, PR: CRV. 208p.
- Compiani, M., Zimmermann, N., & Briguenti, E. C. (Orgs.) (2020). *Pedagogia do lugar/ambiente interdisciplinaridade e contextualização em sala de aula*. Curitiba, CRV. 288p.
- Costa, D. M. da, & Souza, E. R. de. (2019). O tempo geológico em livros didáticos de Geografia: uma avaliação. *Terra Didática*, 15(Publ. Contínua). e019051. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v15i0.8657611>.
- Costa, S. S. S., Musse, N. S. O., Fillippi, R. R., Costa, L. S. & Silva, M. M. M. (2021). Educação e didática no Ensino Fundamental: aprender geociências com kits de minerais e rochas. *Educação. Revista do Centro de Educação da UFSM*, 46(1), e28/ 1-29. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984644442481>.
- Ferreira, S. M. M. (2007). Os recursos didáticos no processo ensino-aprendizagem. Estudo de caso da Escola Secundária Cónego Jacinto. Cabo Verde. DOI: <https://core.ac.uk/download/pdf/38682397.pdf>
- Frodeman, R. (2015). O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terra Didática*, 6(2), 85-99. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v6i2.8637460>.
- Garcia, C. B., Imbernon, R. A. L. & Lacerda, R. A. V.(2014). Desenvolvimento de recursos didáticos para o ensino de Geociências para a Banca das Ciências e Experimentoteca da EACH/USP. *Terra Didática*, 10(3):331-335. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v10i3.8637348>.
- Guimarães, E. M. A. (2004). Contribuição da Geologia na construção de um padrão de referência do mundo físico na educação básica. *Revista Brasileira de Geociências*, 34, 87-94. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.20043418794>.
- Guimarães, E. N., Scalabrin, M., Silva, E. S., Evangelista, T. A., Dias, W.

- S., & Holanda, E. C. (2019). Abordando o interior da Terra no ensino básico por meio da experimentação. *Terræ Didática*, 15(Publ. Contínua). e019051. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v15i1.8654660>.
- Guimarães, T. O., Mariano, G. & Sá, A. A. (2017). Jogos “geoeducativos” como subsídios à Geoconservação no litoral sul de Pernambuco (NE Brasil): uma proposta. *Terræ Didática*, 13(1), 30-42. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v13i1.8648626>.
- Junior, E. B. M., Pereira, L. O., Marques, R. A., Velasco, T. C. (2018). *Experimentos para simulação de processos naturais como recursos didáticos e o ensino de geociências*. VIII Simpósio Nacional de Ensino e História de Ciências da Terra. Campinas, p. 245-248.
- Kastens, K. A. & Manduca, C. A. (2012). *Earth and Mind II - a synthesis of research on thinking and learning in the Geosciences*. Special Paper 486. The Geological Society of America.
- King, C. (2008). Geoscience Education: an overview. *Studies in Science Education*, 44(2), 187-222. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057260802264289>.
- Kishimoto, T. M. (2018). Reflexões sobre a Didática Lúdica no ensino de Química/Ciências. In: Cleophas, M. das G., Soares, M. H.F.B. (Org.) *Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências. Teorias de Aprendizagem e outras interfaces*. São Paulo: Ed. Livraria da Física. 17-29.
- Kishimoto, T. M. et al. (2011). Jogo e Letramento: crianças de 6 anos no ensino fundamental. *Educação e Pesquisa*, 37(1), 191-210. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1517-97022011000100012>.
- 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. *Terræ Didática*, 16. e020031. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8659092>.
- Martins, A. F. P. História e Filosofia da Ciência: há muitas pedras nesse caminho (2007). *Cad. Bras. Ens. Fis.* 24(1), 112-131. DOI: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>.
- München, S.V. & Schwanke, C. (2020). O uso de aplicativos para o ensino de Geociências na educação básica. *Terræ Didática*, 16. e020031. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8656092>.
- Pedrinaci, E. (2013). Fundamentos conceptuales y didácticos: Alfabetización en ciencias de la Tierra y competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 208-214. URL: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/274153>. Acesso 04.08.2023.
- Pereira, J. E. D. (2002). A pesquisa dos educadores como estratégia para construção de modelos críticos de formação docente. In: Pereira, J. E. D., & Zeichner, K. M. (Org.). (2002). *A pesquisa na formação e no trabalho docente*. Belo Horizonte: Autêntica.
- Pirani, A., Martins, P., Bacci, D. C. & Oliveira, L. A. S. (2017). *O que há por dentro? Uma sequência didática para o ensino de Geociências nos anos iniciais do ensino fundamental*. In: Encontro de Ensino de Ciências por Investigação. Anais... ENECI. São Paulo.
- Pommer, W. M., & Pommer, C. P. C. R. (2012). *Projeto Educativo no Ensino Fundamental I: o uso de temas das Geociências como ferramenta articuladora da interdisciplinaridade*. In: Seminário Nacional Interdisciplinaridade na Escola. Resumos... Rio Grande: FURG.

- Ponte, M. L. & Piranha, J. M. (2018). Estratégias e recursos educacionais para inserção das Geociências na educação básica. *Terræ Didática*, 14(4):431-438. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i4.8654193>.
- Ponte, M. L. & Piranha, J. M. (2020). Ciências da Terra no Currículo do Estado de São Paulo: uma abordagem reflexiva. *Terræ Didática*, 16 e020005. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8656550>.
- Prado, L. L. (2018). Jogos de tabuleiro modernos como ferramenta pedagógica. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 2(2). Foz do Iguaçu: UNILA. URL: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/download/1485/1522>. Acesso 04.08.2023.
- Regalía, D. E. A. (2020). La enseñanza de las ciencias de la Tierra: perspectivas y aportes para la formación docente. Tese [Doutorado]. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Argentina. URL: [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n6825\\_AriasRegalia.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6825_AriasRegalia.pdf). Acesso 04.08.2023.
- Rocha, C. H. P., Roma, M., Costa, A. K. O., Silva, D. A., Silva, D. G. & Bacci, D. C. (2021). *Contribuições do projeto contraturno Decifrando a Terra para a formação de professores reflexivos e autônomos*. XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. ENPEC em redes.
- Rodrigues, A. A. V. (2011). *A educação em Ciências no ensino básico em ambientes integrados de formação*. Aveiro. Departamento de Educação. Universidade de Aveiro. 1200f. (Tese. Dout.). URL: <http://hdl.handle.net/10773/7226>. Acesso 04.08.2023.
- São Paulo. Secretaria da Educação (Seduc). (2019). *Currículo Paulista*. São Paulo, SP. Secretaria da Educação Seduc. URL: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2019/09/curriculo-paulista-26-07.pdf>. Acesso 04.08.2023.
- Santos, M.E.V.M. (2005). Cidadania, conhecimento e educação CTS. Rumo a “novas” dimensões epistemológicas. *Revista CTS*, 6(2), 137-157. URL: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-00132005000300008&lng=es&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132005000300008&lng=es&tlng=pt). Acesso 07.10.2023.
- Santos, V. M. N. (2011). *Educar no ambiente: construção do olhar geocientífico e cidadania*. São Paulo: Editora Annablume. (Col. Cidadania e Meio Ambiente).
- Salvador, L. A. (2018). *Conhecimentos geocientíficos e práticas pedagógicas em Ciências Naturais na formação inicial de pedagogos*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 221p. Tese [Doutorado]. DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.1014624>.
- Salvador, L. A., & Bacci, D. C. (2018). Abordagens geocientíficas em estudos do meio no Ensino Fundamental I: construindo pontes para o ensino interdisciplinar. *Terræ Didática*, 14(1), 27-38. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i1.8652043>.
- Silva, F. K. M. (2009). *Rastros e apropriações no Projeto Geociências e a Formação de Professores em Exercício no Ensino Fundamental*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 308p. (Tese Dout.). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2009.439125>.
- Silva, D. G., & Bacci, D. C. (2018). *O ensino de Geociências no Ensino Fundamental I (séries iniciais): possibilidades e desafios para inserção das Geociências na Escola*. In: In: Carneiro, C. D. R., Gonçalves P.W.; Imbernon, R. A. L.,

- Machado, F. B., Cerri, C. A. D. (Eds.) 2018. *Ensino e História de Ciências da Terra*. Campinas: Soc. Bras. Geol. p. 456-463. URL: <http://www.ige.unicamp.br/geoscienced2018/pt/trabalhos/>. (Anais VIII Simp. Nac. Ens. Hist. Ciências da Terra / *EnsinoGEO-2018 – Geociências para todos*. Campinas, SBGeo, 2018). (ISBN 978-85-99198-21-6).
- Silva, D. G. (2018). *O Ensino de Geociências no contraturno escolar Decifrando a Terra. Possibilidades e desafios para a inserção das Geociências na escola*. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 250p. (Dissert. Mestrado). DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNI-CAMP.2018.1063932>.
- Silva, D. G., Diniz, J. R., Rocha, C. H. P., Pereira, E. R. & Bacci, D. C. (2019). *Atividades lúdico-práticas no Ensino de Geociências: nove anos de experiência do projeto contraturno Decifrando a Terra*. In: II Congresso Nacional de Ensino de Ciências e Formação de Professores. Catalão, GO. Anais do II Cecifop. Catalão: Universidade Federal de Goiás.
- Silva, C. P. A., & Souza, R. F. (2020). Os conteúdos de geociências na disciplina de geografia: analisando os anos iniciais do ensino fundamental. *Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais*, 11, 640-655. DOI: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.994>.
- Soares, M. H. F. B. (2013). *Jogos e Atividades Lúdicas para o Ensino de Química*. Goiânia, Kelps.
- Soares, R. G. S., Tão, N. G. R., Faustino, A. da S., & Ferreira, M. D. (2015). Oficinas de geociências como estratégia de Educação Ambiental em escolas da rede municipal de São Carlos (SP). *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 10(2), 204-227. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2015.v10.1895>.
- Toledo, M. C. M., & Imbernon, R. A. L. (2003). *Cinco Pedrinhas Saem em Aventura*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Tulio, M. (2013). *Recursos Didáticos e sua importância para as aulas de Geociências no 6º ano do Ensino Fundamental (Colégio Estadual Antonio e Marcos Cavanis, Castro, PR)*. Cadernos PDE. Vol.1. Versão On-line. 18p. URL: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2013/2013\\_uepg\\_geo\\_artigo\\_mariliz\\_tulio.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uepg_geo_artigo_mariliz_tulio.pdf). Acesso 07.08.2023.
- USP Universidade de São Paulo. Escola de Aplicação. Faculdade de Educação (2020). *Plano Escolar*. São Paulo. <https://www3.ea.fe.usp.br/wp-content/uploads/2020/05/Plano-Escolar-2020.pdf>. Acesso 07.08.2023.
- Vieira, T. C., Velloso, A. & Rodrigues, A. P. de C. (2016). Estudo de caso sobre ensino de Geociências em uma turma de ensino fundamental da rede privada de Duque de Caxias, RJ. *Terra Didática*, 12(3), 153-162 DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v12i3.8647892>.
- Xavier, L. S., Meneses, L. F. & Cavalcante, M. B. (2017). Ensinando geodiversidade a partir de jogos didáticos. *GeoTextos*, 13(2), 59-89. DOI: <https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v13i2.24001>.

# História em Quadrinhos como ferramenta didática de Astronomia no Ensino Fundamental 2

Marcia Helena Ribeiro  
André Munhoz Argollo Ferrão

Quem nunca se “pegou” admirando o céu! Principalmente o céu noturno, com suas estrelas brilhantes e a Lua se apresentando a cada dia de uma forma diferente, nos proporcionando o que chamamos de fases da Lua. E o Sol? Essa estrela que nos aquece e fornece vida para nosso planeta! E as maravilhas de um arco-íris, os fenômenos das marés, as estações do ano? Assim é o universo! Um lugar misterioso que desperta encantamento não apenas em adultos, mas também em crianças e adolescentes.

Não é de hoje que o Universo encanta o ser humano. Desde a Pré-História existe um fascínio para entender as estrelas, a Lua, os eclipses, as estações do ano e fenômenos como as marés e tantos outros que ocorrem acima de nossas cabeças e também aqui na Terra (Amaral, 2008). A ciência que estuda o Universo recebe o nome de Astronomia, sendo considerada uma das ciências mais antigas da humanidade. A prova disso são evidências de observações astronômicas entre os povos da pré-história, que podem ser confirmadas a partir de sítios megalíticos, como o círculo de Stonehenge (Fig. 1) localizado na Inglaterra, bem como os alinhamentos de Carnac na Bretanha. Astrônomos e também arqueólogos concluíram que esses monumentos serviam como verdadeiros observatórios lunares e solares para aqueles povos (Mourão, 2016).

As tentativas de explicar o Universo e os fenômenos que o envolvem acontecem desde a Antiguidade. Para se ter uma ideia, acreditava-se que o desaparecimento total ou parcial do Sol ou da Lua estava relacionado a uma luta travada entre o astro e monstros das trevas. Como as pessoas acreditavam que o astro estava sendo atacado por um enorme dragão, para liberá-lo, eles começavam a gritar para mandar embora o dragão e o astro voltar a brilhar no céu (Mourão, 2016). À medida que o conhecimento humano foi sendo aperfeiçoado e os objetos de observação astronômica foram desenvolvidos e aprimorados, tornou-se



Figura 1. O monumento pré-histórico de Stonehenge, Inglaterra. Fonte: Volpe (2011)

possível fornecer explicações mais plausíveis para o Universo e os fenômenos que os envolvem (Milone, et al., 2018). No entanto, mesmo com todos os conhecimentos disponíveis hoje em dia a respeito do Universo, a abordagem desse tema em sala de aula ainda encontra uma série de obstáculos (Ribeiro & Argollo Ferrão, 2020).

## Base Nacional Comum Curricular

A Educação Básica no Brasil abrange a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio. Juntas, essas etapas somam dezoito anos de duração, conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional:

Art. 4º O dever do Estado com educação escolar pública será efetivado mediante a garantia de: I - educação básica obrigatória e gratuita dos 4 (quatro) aos 17 (dezesete) anos de idade, organizada da seguinte forma: a) pré-escola; b) ensino fundamental; c) ensino médio (Brasil, 1996).

No período escolar, são facultados aos estudantes os conhecimentos necessários para obter as bases de uma cidadania completa. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) é um documento normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da educação. O documento estabelece que, por meio da Educação, o indivíduo pode ter uma formação e um desenvolvimento global em todas as suas dimensões: física, intelectual, afetiva, ética etc. Também indica os conhecimentos e competências que se espera que

todos os estudantes possam desenvolver ao longo da Educação Básica em busca de uma formação humana integral, visando à construção de uma sociedade justa, inclusiva e democrática (Brasil, 2018).

A BNCC (Brasil, 2018) é referência nacional para formulação dos currículos dos sistemas e das redes federal, estadual e municipal de ensino, visando contribuir, entre outros, para a elaboração dos componentes educacionais. Nesse sentido, a BNCC orienta a definição das aprendizagens essenciais, e não somente os conteúdos mínimos a serem ensinados. Com o intuito de assegurar a aprendizagem, durante o Ensino Básico, a BNCC (Brasil, 2018) possui um conjunto de decisões e ações que definem o currículo escolar para essa fase da educação, dentre as quais citamos: a) utilização de metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas; b) criação de situações que possam motivar e engajar os estudantes nas aprendizagens; c) oferta de material de apoio ao professor bem como a possibilidade de um contínuo aperfeiçoamento do docente, visando a uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem; d) produção, avaliação e utilização de recursos didáticos e tecnológicos capazes de sustentar o processo de ensino-aprendizagem.

O documento normativo BNCC (Brasil, 2018) também indica quais são os objetos do conhecimento e as competências a serem alcançadas pelos estudantes. Por competência entende-se, de forma geral, a possibilidade de utilização do conhecimento em situações que requerem a sua aplicação para tomada de decisões pertinentes. Assim, a norma estabelece, de forma clara, o que os estudantes devem saber e a forma de aplicar os resultados de sua aprendizagem, com destaque para a capacidade de exercitar a curiosidade intelectual (imaginação, criatividade) para resolver problemas e propor soluções embasadas nos conhecimentos adquiridos ao longo das etapas da Educação Básica.

Na Educação Básica, o Ensino Fundamental 2 encontra-se organizado da seguinte maneira: primeiro ao quinto ano (anos iniciais) e sexto ao nono ano (anos finais). Uma das áreas de conhecimento dos anos finais é Ciências da Natureza, cujo compromisso, dentre outros, é promover no estudante a capacidade de compreensão e interpretação do mundo à sua volta, permitindo o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo. Assim, pretende-se que o aluno detenha uma nova visão sobre o mundo em que vive, possibilitando fazer escolhas e intervenções conscientes, por meio de um ensino pautado

em questões que promovam desafios, e permitindo um estímulo a seu interesse e à sua curiosidade científica (Brasil, 2018).

De acordo com a BNCC (Brasil, 2018), são três as unidades temáticas abordadas na área Ciências da Natureza: Matéria e energia, Vida e evolução e Terra e Universo. A unidade temática que aborda a Terra e o Universo busca a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes, tais como: dimensões, localização, composição, bem como a observação e explicação de fenômenos celestes que abrangem a Terra, o Sol e a Lua. As competências específicas da área Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental 2, estabelecidas pela BNCC (Brasil, 2018), incluem a capacidade de analisar, compreender e explicar os processos relativos ao mundo natural, como também exercitar a sua curiosidade no sentido de fazer perguntas na busca por respostas.

## Objetivos

O ensino de Astronomia em sala de aula, principalmente no Ensino Fundamental, requer abordagens específicas, devido à faixa etária dos estudantes (Bonfleur et al., 2007). Para atrair a atenção dos estudantes, e com base nas orientações da BNCC (2018), elaborou-se um material em formato de tirinhas de História em Quadrinhos (HQ) para abordar o tema Terra e Universo de forma diferenciada. No desenvolvimento da pesquisa, as tirinhas foram usadas antes do início da abordagem de cada um dos conteúdos propostos para as aulas. A apresentação da HQ antes da abordagem do assunto objetivou motivar os estudantes para o tema a ser trabalhado em sala de aula. Para verificação do objetivo proposto, foi aplicada uma Avaliação Diagnóstica Inicial e uma outra ao final da pesquisa.

## Materiais e Métodos

Este Capítulo originou-se de uma pesquisa de doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que foi desenvolvida junto a estudantes do Ensino Fundamental 2 de duas escolas públicas do Município de Coxim (MS). Envolveu a aplicação de uma HQ para abordar o conteúdo de Terra e Universo (Ribeiro, 2021), previsto na BNCC (Brasil, 2018).

As escolas participantes da pesquisa foram a Escola Estadual Silvio Ferreira e a Escola Municipal Willian Tavares. Em cada escola participaram

uma turma de estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental 2, sendo 29 estudantes na EE Silvio Ferreira e 11 estudantes da EM William Tavares. Em um primeiro momento, foi feita avaliação diagnóstica para verificar o conhecimento dos estudantes com relação ao tema Astronomia e em seguida foi aplicada uma sequência de ensino, utilizando o material produzido. Após esta etapa, os estudantes foram submetidos a uma outra avaliação diagnóstica com a finalidade de se fazer uma comparação com a primeira avaliação aplicada anteriormente à sequência de ensino, objetivando verificar a potencialidade do material produzido para trabalhar a unidade temática Terra e Universo. Tanto a avaliação diagnóstica inicial quanto a final foram elaboradas com as mesmas questões. Os resultados referentes à aplicação da HQ em uma aula de Ciências e as possibilidades de uso por outras disciplinas estão apresentados a seguir.

## **A HQ como ferramenta motivacional**

Desde os tempos das cavernas o ser humano procura comunicar-se por meio de ícones (Carvalho & Martins, 2009); a comunicação por desenhos é um dos registros mais antigos da humanidade, que aparece desde os pictogramas das cavernas, os ideogramas e, atualmente, as Histórias em Quadrinhos (HQ). Nos dias de hoje essa forma de comunicação por quadrinhos, presente em geral nos mangás e gibis, promove um encantamento, principalmente nas crianças.

As HQ são constituídas por um conjunto sequencial de quadros com uma combinação de desenho e texto (Moya, 1977). Santos (2011) cita como características das linguagens dos quadrinhos: a) balão: contém em seu interior as falas, pensamentos, ideias, sonhos etc.; b) ruídos onomatopéicos: transmitem efeitos sonoros e visuais; c) expressões corporais e faciais: transmitem a mensagem para o leitor sem a necessidade de balão de fala; d) cenários, que podem existir apenas com o propósito de preencher espaços vazios.

As HQ podem abordar diversos temas, desde assuntos cotidianos até aqueles de cunho cultural, político, social e ambiental (Massuda, 2011), devido à capacidade de prender a atenção do leitor. Vergueiro (2006) aponta que, nesse sentido, as HQ podem ser utilizadas em materiais didáticos devido à facilidade de publicação em diversos formatos e baixo custo, bem como serem utilizados em livros didáticos. Testoni (2004) aponta as características que a aplicação de HQ em materiais didáticos pode assumir:

- a. *Caráter Ilustrativo*: HQ usada para retratar algo já previamente estudado.
- b. *Caráter Explicativo*: HQ aplicada na explicação de um fenômeno físico.
- c. *Caráter Motivador*: HQ com intuito de motivar o estudante, sendo empregada normalmente no início da aula.
- d. *Caráter Instigador*: HQ usada antes da explanação de um conteúdo com a intenção de instigar o aluno a refletir sobre o tema a ser abordado.

Segundo Errobidart & Calheiro (2019), que pesquisaram trabalhos utilizando as HQ na área de ensino, o emprego de objetos de aprendizagem pautados na linguagem em quadrinhos possui um caráter motivador no sentido de incentivar o estudante pelo conteúdo abordado. Além de contribuir para a construção do conhecimento, as HQ também favorecem a aprendizagem de novos conceitos científicos. O emprego de uma HQ como material didático possibilita que se faça uma abordagem de fenômenos físicos utilizando imagens e diálogos. Assim, o estudante pode participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

A HQ é ferramenta valiosa para desenvolver criatividade e leitura no processo de aprendizagem, além de estabelecer uma relação de significados entre a lingual verbal e não verbal: o texto e o desenho devem estar relacionados na construção de um sentido no processo de leitura (Errobidart & Calheiro, 2019). Desta forma, o uso da HQ no âmbito escolar vai de encontro às competências gerais da BNCC (Brasil, 2018) em relação à importância do emprego de novas ferramentas no processo de ensino-aprendizagem.

## Resultados

Ao longo da pesquisa, foi construído um conjunto de HQ em forma de tirinhas para trabalhar o Sistema Solar e o Sistema Sol-Terra-Lua. As tirinhas do Sistema Solar são em número de 12, assim elaboradas: a) tirinha inicial para uma abordagem rápida do Universo; b) oito tirinhas para abordar cada um dos planetas do Sistema Solar; c) uma tirinha para abordar o planeta-anão Plutão; d) uma tirinha para abordar os cometas e, d) uma tirinha final para tratar do Sistema Solar de forma geral. A Figura 2 é um exemplo de tirinha relativa ao Sistema Solar.

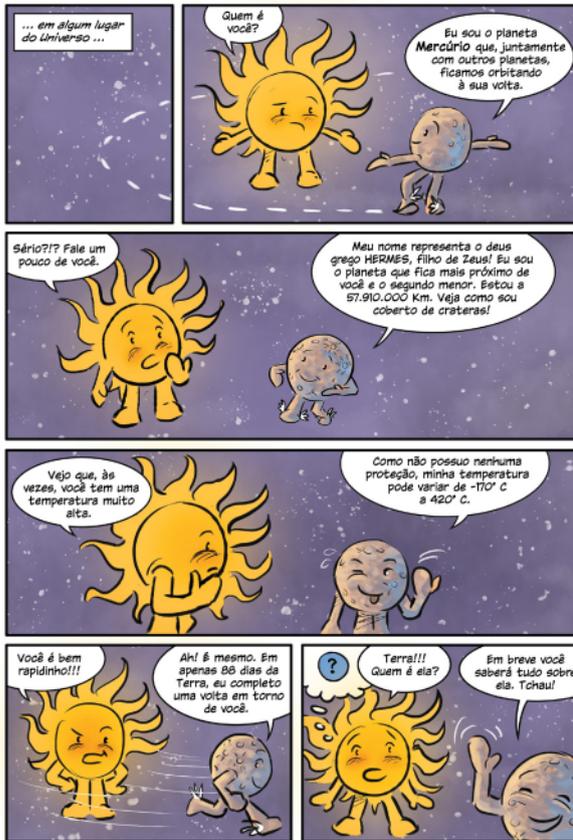


Figura 2. Tirinha que aborda o planeta Mercúrio. Fonte: Ribeiro (2021, p. 105).  
Cartunista Rafael Ghiraldelli

Com exceção da primeira tirinha, as demais constam de falas entre o Sol e cada um dos astros do Sistema Solar, onde, de acordo com as orientações da BNCC (Brasil, 2018), são tratados tópicos como: dimensão dos planetas, distância de cada planeta ao sol, composição dos planetas e satélites naturais. Cinco tirinhas abordam o Sistema Sol-Terra-Lua; foram elaboradas para tratar dos seguintes temas: a) Dia e Noite; b) Fases da Lua; c) Eclipses; d) Fenômenos das Marés; e) Estações do Ano. Como exemplo, a Figura 3 reproduz o modelo de uma das tirinhas do Sistema Sol-Terra-Lua, que abordou o assunto dia e noite.

Comparando as respostas iniciais e finais dos sujeitos envolvidos na pesquisa, verificou-se uma melhora na aprendizagem dos concei-

tos com o uso da HQ, pois questões que foram deixadas em branco na primeira avaliação foram respondidas de forma correta e ainda com desenhos semelhantes a uma HQ. A Figura 4 exemplifica uma das respostas. O respondente, nesse caso, havia deixado a resposta em branco na Avaliação Diagnóstica Inicial. Ao final, a resposta para a questão foi considerada correta.

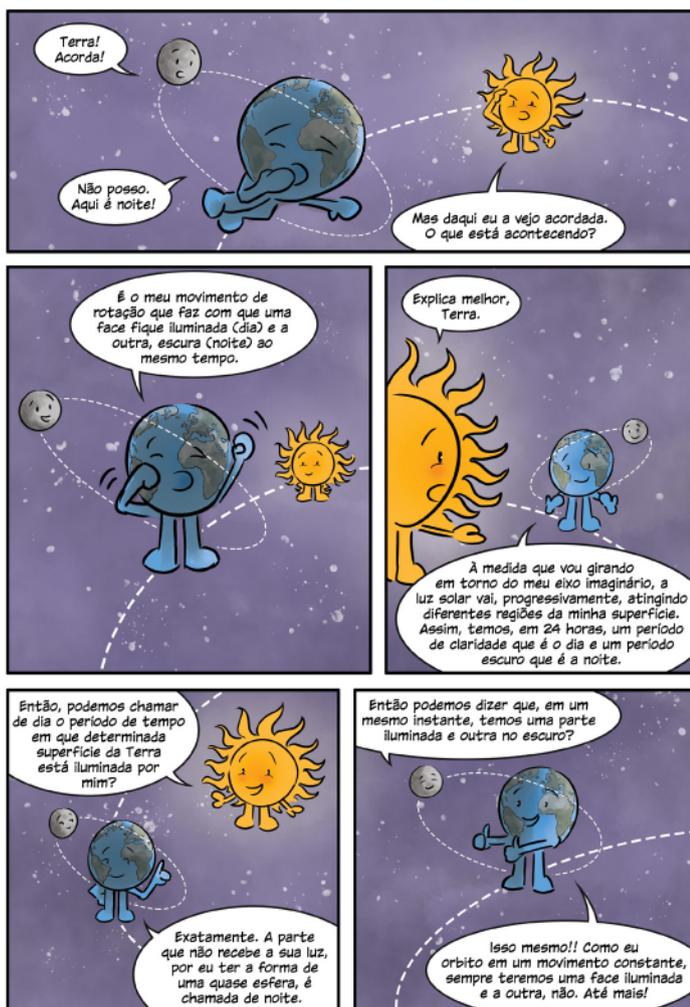


Figura 3. Tirinha que aborda o assunto Dia e Noite. Fonte: Ribeiro (2021, p. 116). Cartunista Rafael Ghiraldelli

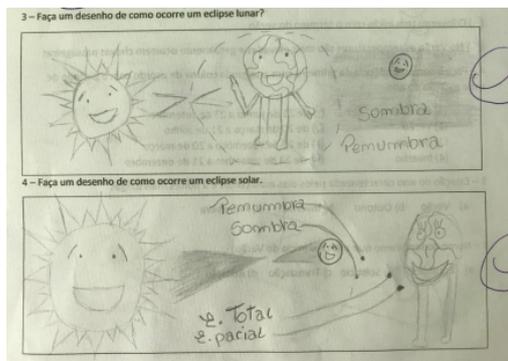


Figura 4. Desenho elaborado por um dos sujeitos participantes da pesquisa.  
Fonte: Ribeiro (2021, p.71)

No desenho da Figura 4 observa-se que o sujeito desenhou os astros na posição correta para o eclipse Solar e Lunar; indicou os locais de sombra e penumbra, bem como os pontos de ocorrência do eclipse total e parcial do Sol. Após o uso do material em aulas de Ciências do Ensino Fundamental 2, verificamos que a ferramenta é diferenciada e possui caráter motivador. Os resultados sugerem um potencial de uso em outras disciplinas, também do Ensino Fundamental 2. A Tabela 1 apresenta algumas possibilidades, de acordo com as orientações da BNCC (Brasil, 2018) quanto aos objetos do conhecimento e as habilidades esperadas dos estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental.

As tirinhas também apresentam uma possibilidade de serem usadas para trabalhar unidades temáticas e objetos do conhecimento para séries iniciais do Ensino Fundamental 2. A Tabela 2 apresenta as unidades temáticas, o objeto do conhecimento e as habilidades para essa aplicação.

Nesse sentido, Ribeiro (2021) apresenta as seguintes considerações para o uso de HQ como ferramenta no ensino-aprendizagem:

Dessa forma, entendemos que outros professores poderão fazer uso das tirinhas para trabalhar seus conteúdos de uma forma diferenciada e, assim, obter um maior envolvimento dos estudantes para o tema a ser trabalhado. Pode-se citar, ainda, a sua utilização para um trabalho relativo às características importantes para manutenção de vida no planeta, estudo do solo, esfera celeste, interior dos planetas, clima e seus efeitos sobre a vida na Terra. Citamos ainda a possibilidade de uma abordagem a respeito da visão geocêntrica e heliocêntrica, estudo das galáxias e as ordens de grandeza envolvidas, bem como a posição da Terra e da espécie humana no Universo. (Ribeiro, 2021, p. 84-85).

Tabela 1. Possibilidades de uso das tirinhas em outras disciplinas conforme componente curricular (CC) ou Unidade Temática (UT), ano, objeto do conhecimento e habilidades. Fonte: Ribeiro, 2021, p. 80-82

CC/ UT	Ano	Objeto do conhecimento	Habilidades
Geografia – Conexos e escalas	6º.	Relações entre os componentes físico-naturais	(EF06GE03) Descrever os movimentos do planeta e sua relação com a circulação geral da atmosfera, o tempo atmosférico e os padrões climáticos.
Matemática – Grandezas de medidas	6º.	Problemas sobre medidas envolvendo grandezas como comprimento, massa, tempo, temperatura, área, capacidade e volume	(EF06MA22) Resolver e elaborar problemas que envolvam as grandezas comprimento, massa, tempo, temperatura, área (triângulos e retângulos), capacidade e volume (sólidos formados por blocos retangulares), sem uso de fórmulas, inseridos, sempre que possível, em contextos oriundos de situações reais e/ou relacionadas às outras áreas do conhecimento.
Matemática - Geometria	7º.	Simetrias de translação, rotação e reflexão	(EF07MA17) Reconhecer e construir figuras obtidas por simetrias de translação, rotação e reflexão, usando instrumentos de desenho ou softwares de geometria dinâmica e vincular esse estudo a representações planas de obras de arte, elementos arquitetônicos, entre outros.
Matemática – Grandezas e medidas	7º.	Problemas envolvendo medições	(EF07MA23) Resolver e elaborar problemas que envolvam medidas de grandezas inseridos em contextos oriundos de situações cotidianas ou de outras áreas do conhecimento, reconhecendo que toda medida empírica é aproximada.
Matemática – Grandezas e medidas	7º.	Medida do comprimento da circunferência	(EF07MA27) Estabelecer o número $\pi$ como a razão entre a medida de uma circunferência e seu diâmetro, para compreender e resolver problemas, inclusive os de natureza histórica.
Matemática – Números	8º.	Notação científica	(EF08MA01) Efetuar cálculos com potências de expoentes inteiros e aplicar esse conhecimento na representação de números em notação científica.

Tabela 2. Possibilidades de uso das tirinhas nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Fonte: Ribeiro, (2021, p. 82-84)

CC/ UT	Ano	Objeto do conhecimento	Habilidades
Ciências – Terra e Universo	1º.	Escala de tempo	(EF01CI05) Identificar e nomear diferentes escalas de tempo: os períodos diários (manhã, tarde, noite) e a sucessão dos dias, semanas, meses e anos. (EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
Ciências – Terra e Universo	2º.	Movimento do Sol no céu O Sol como fonte de luz e calor	(EF02CI07) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho de sua própria sombra e da sombra de diferentes objetos. (EF02CI08) Comparar e registrar o efeito da radiação solar (aquecimento) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfície escura, superfície clara etc.).
Ciências – Terra e Universo	3º.	Características da Terra Observação do céu Usos do solo	(EF03CI07) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.). (EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu. (EF03CI09) Comparar diferentes amostras de solo do entorno da escola com base em algumas características (cor, textura, cheiro, tamanho das partículas, permeabilidade etc.). (EF03CI10) Identificar os diferentes usos do solo (plantação e extração de materiais, dentre outras possibilidades), reconhecendo a importância do solo para a vida.
Ciências – Terra e Universo	4º.	Pontos cardeais Calendários, fenômenos cíclicos e cultura	(EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon). (EF04CI10) Comparar e explicar as diferenças encontradas na indicação dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnômon) e por meio de uma bússola. (EF04CI11) Associar os movimentos cíclicos da Lua e da Terra a períodos de tempo regulares e ao uso desse conhecimento para a construção de calendários em diferentes culturas.
Ciências – Terra e Universo	5º.	Constelações e mapas celestes Movimento de rotação da Terra Periodicidade das fases da Lua Instrumentos ópticos	(EF05CI10) Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos, como mapas celestes e aplicativos, entre outros, e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite. (EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra. (EF05CI12) Concluir sobre a periodicidade das fases da Lua, com base na observação e no registro das formas aparentes da Lua no céu ao longo de, pelo menos, dois meses. (EF05CI13) Projetar e construir dispositivos para observação à distância (luneta, periscópio etc.), para observação ampliada de objetos (lupas, microscópios) ou para registro de imagens (máquinas fotográficas) e discutir usos sociais desses dispositivos.

Outras possibilidades de uso das tirinhas foram surgindo ao longo da aplicação do material junto a estudantes do Ensino Fundamental 2. Como a HQ construída para fins da pesquisa havia sido elaborada em forma de tirinhas, verificou-se a possibilidade de expandi-las: o material possibilita um desdobramento das tirinhas em outras, não apenas para tópicos de Astronomia, mas para temas que, de certa forma, se relacionam a essa Ciência. As novas tirinhas podem ser elaboradas pelo próprio professor, em concordância com o seu plano de ensino e os temas a serem desenvolvidos. Assim, poderá surgir um material motivador não apenas para aulas de Ciências, mas de Geografia, História etc. A Figura 5 apresenta algumas possibilidades de subdivisão de cada uma das tirinhas já produzidas, de acordo com os objetos do conhecimento apontados pela BNCC (Brasil, 2018), e Ribeiro (2021):

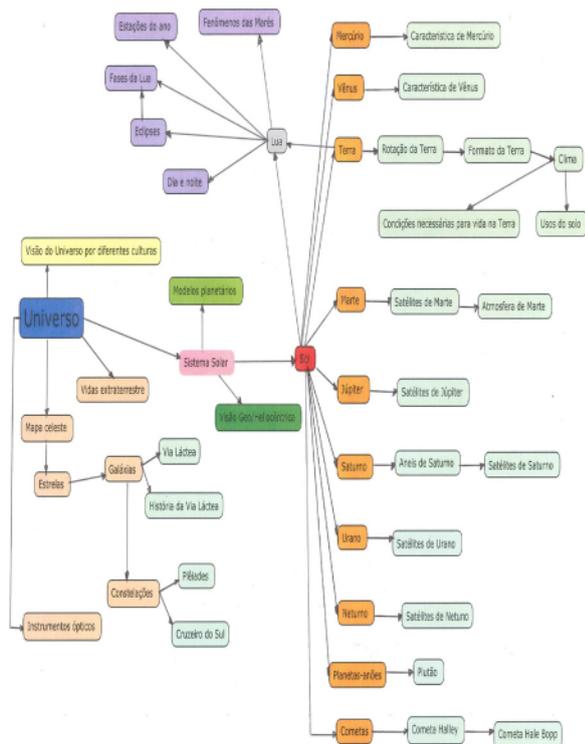


Figura 5. Mapa conceitual de possíveis desdobramentos das tirinhas.  
Fonte: Ribeiro (2021, p. 86)

Conforme apontam as pesquisas recuperadas na revisão bibliográfica do trabalho, o conteúdo de Astronomia é pouco ou quase nunca trabalhado em salas de aula do Ensino Fundamental 2, tendo em vista a formação do professor de Ciências. Raras vezes os cursos de licenciatura disponibilizam o conteúdo de Astronomia ou disciplina equivalente para os futuros docentes. Nesse sentido, o material abordado poderá ser utilizado para promover cursos de formação de professores, com a possibilidade de fornecer uma base teórica para os professores trabalharem o conteúdo de Astronomia com maior segurança (Ribeiro, 2021).

## Conclusões

A aplicação de uma HQ em forma de tirinhas como ferramenta para o ensino-aprendizagem de temas relacionados à Astronomia para estudantes do Ensino Fundamental 2 sinalizou que a ferramenta motivou os estudantes e ainda abriu novas possibilidades de uso para outras disciplinas, a exemplo da Matemática, História, Geografia. Estimula-se ainda sua aplicação em cursos de formação continuada de professores, tendo em vista que estes, muitas vezes, não possuem segurança para abordagem de assuntos relacionados ao Universo: na maioria das vezes a sua formação não contemplou esses tópicos. A HQ, por ter sido elaborada em forma de tirinhas, abre espaço para que sejam inseridos novos temas em cada uma delas. Assim, o material não é algo pronto e acabado, mas sim algo que pode ser estendido de acordo com a necessidade do professor.

Entendemos que, por unir imagem e texto, as HQ podem promover um incentivo para a leitura e despertar o interesse do estudante, não apenas para a Ciências, mas para novos objetos do conhecimento.

## Referências

- Amaral, P. (2008). *O ensino de Astronomia nas séries finais do ensino fundamental: uma proposta de material didático de apoio ao professor*. Brasília, DF, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília. 102f. (Dissert.).
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular. Educação é a base*. Brasília, DF, Ministério da Educação. URL: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf). Acesso 18.05.2023.
- Brasil. Ministério da Educação. (1996). *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*. Brasília, DF, Presidência da República, Casa Civil. (Texto compilado. Vide Decreto nº 3.860, de 2001).

- Vide Lei nº 10.870, de 2004. Vide Adin 3324-7, de 2005. Vide Lei nº 12.061, de 2009. URL: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm). Acesso 15.07.2023.
- Bonfleur, R. C., Scalabrin, M. H., Emílio, M., & Cardoso, L. M. (2007). *Astrônomo Júnior*. Ponta Grossa, PR: Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Carvalho, L. S., & Martins, A. F. P. (2009). Os quadrinhos nas aulas de ciências naturais: uma história que não está no gibi. Natal: *Revista Educação em Questão*, 35(21), 120-145, maio/ago.
- Errobidart, N. C. E., & Calheiro, L. B. (2019). A linguagem em quadrinho como ferramenta para integração de conceitos físicos numa representação interdisciplinar. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(Nº. Extra), 303-310. URL: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26581>. Acesso 09.07.2023.
- Massuda, E. A. (2011). *História em quadrinhos: estímulo e lições de cidadania no projeto de formação de Tiveens do Johrei Center Barretos*. Universidade Aberta do Brasil, Universidade de Brasília, Instituto de Artes, Departamento de Artes Visuais. (Trab. Concl. Curso).
- Milone, A. C., Wuensche, C. A., Rodrigues, C. V., D'Amico, F., Jablonski, F. J., Capelato, H. V., Braga, J., ..., & Miranda, O. D. (2018). *Introdução à Astronomia e Astrofísica*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministério da Ciência e Tecnologia (INPE-7177-PUD/38).
- Mourão, R. R. F. (2016). *O livro de ouro do universo*. Ed. Harper Collins. 516p.
- Moya, A. de (1977). *Shazam!* 3 ed. São Paulo: Perspectiva (Debates).
- Rama, A., Vergueiro, W., Barbosa, A., Ramos, P., & Vilela, T. (2004). *Como Usar as Histórias em Quadrinhos em sala de aula*. 4 ed. 2 reimpr. São Paulo: Ed. Contexto. (Col. Como usar na sala de aula). ISBN 978-85-7244-508-5.
- Ribeiro, M. H. (2021). *Uso de História em Quadrinhos como ferramenta para abordagem do conteúdo de Astronomia no Ensino Fundamental*. Campinas, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. 219p. (Tese. Dout. Ensino e História de Ciências da Terra). URL: <http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/1164749>. Acesso 09.07.2023.
- Ribeiro, M. H., Argollo Ferrão, A. M. (2020). O uso de HQs como ferramenta motivacional para o ensino de Astronomia. *Labor e Engenho*, 14, p. e020012-e020012. doi: <https://doi.org/10.20396/labore.v14i0.8662154>.
- Santos, M. O. D., & Ganzarolli, M. E. (2011). Histórias em quadrinhos: formando leitores. *Transinformação*, 23, 63-75. Volpe, F. (2011). *Como e para que foi construída Stonehenge? Visões panorâmicas e detalhes reveladores*. Superinteressante. Atualizado 4.07.2018, Publicado 18.04.2011. URL: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-para-que-foi-construida-stonehenge>. Acesso 09.07.2023.
- Testoni, L. A. (2004). *Um corpo que cai: as Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física*. São Paulo: Curso de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 157p. (Dissert. Mestrado).

# História geológica da Bacia do Paraná no Brasil

Celso Dal Ré Carneiro

Fernando Flávio Marques de Almeida (*obra póstuma*)

A Bacia do Paraná ocupa área superior a 1.500.000 km<sup>2</sup> (Fig. 1). Camadas superpostas de sedimentos e rochas vulcânicas formaram-se durante longo intervalo de tempo. O espesso pacote atinge mais de 7.500 m na porção central da bacia. Isso quer dizer que, até atingir o fundo da bacia, sob as rochas que sustentam, por exemplo, as belas Cataratas do Iguaçu, há quase 7 km de rochas empilhadas, que registraram uma história geológica variada! Embora a evolução geológica seja rica, singular e diversificada, é difícil obter informações em livros didáticos, dificultando o acesso a conhecimentos sobre conteúdos relevantes para docentes e estudantes da educação básica.

A abordagem da evolução geológica da Bacia do Paraná na educação básica permite que o professor desenvolva com os alunos muitos conceitos de Geologia e Geociências. São números superlativos: a bacia possui espesso pacote de camadas, ocupa área de grandes dimensões, abrange muitas cidades de médio a grande portes e sustenta numerosa população. Grande parte das regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil, além de partes significativas do Uruguai, Argentina e Paraguai situam-se sobre terrenos da bacia. Ali, ao longo do tempo, uma teia complexa de fenômenos geológicos determinou a acumulação de sucessivas camadas, sua preservação e a posterior implantação de notáveis formas de relevo.

A bacia possui amplo interesse educacional, por inúmeras razões:

- O domínio geológico coincide na maior parte com a área drenada pela bacia hidrográfica do Rio Paraná (Fig. 2A). Veremos que não se pode confundir os conceitos de “bacia hidrográfica” e “bacia sedimentar”, pois são entidades fisiográficas e geológicas distintas.
- As camadas sedimentares da bacia hospedam diversos sistemas hidrogeológicos. Um deles tem estimulado novas pesquisas científicas – o chamado Sistema Aquífero Guarani (SAG) – tanto para aproveitamento das reservas quanto para sua proteção.

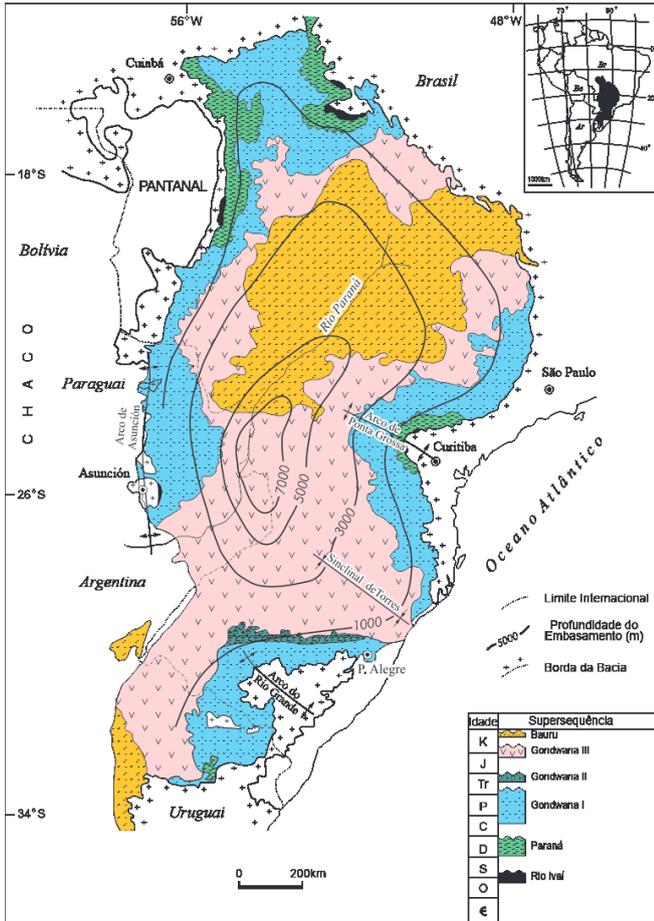


Figura 1. Limites e estratigrafia da Bacia do Paraná na América do Sul.  
 Fonte: Modificado de Milani & Ramos (1998)

- A grande diversidade paisagística do relevo estimula inúmeras atividades turísticas, de contemplação ou de aventura.
- Os solos formados pelos processos intempéricos são intensivamente utilizados em atividades agrícolas, pastoris e florestais. Essa fonte permanente de riquezas estimula pesquisas científicas sobre medidas de proteção que minimizem os efeitos da erosão acelerada em boçorocas e ravinas.



asfálticos despertou interesse da Petrobras, nos anos 1960. Nos anos 1970, no entanto, a atenção da empresa petrolífera desviou-se para áreas mais promissoras ao longo da costa. A menor prioridade não significa, porém, que a Bacia do Paraná seja desfavorável para localização de reservas de hidrocarbonetos (petróleo e gás). A extração de hidrocarbonetos em São Mateus do Sul (PR), a partir de folhelhos pirobetuminosos, atesta a presença de rochas geradores de óleo. Desde os anos 1990, a bacia voltou a despertar a atenção dos estudiosos, pelo fato de abrigar o Sistema Aquífero Guarani (SAG).

Além do interesse acadêmico, o conhecimento geológico da bacia tem grande utilidade prática na pesquisa de fontes de energia, metais e minerais, utilizados em inúmeras aplicações, e no aproveitamento de fontes termais ou das grandes reservas de água dos sistemas aquíferos.

Assinalaremos a importância dos avanços da Ciência, como o desenvolvimento dos métodos de datação geocronológica (ver Carneiro et al., 2005, Martins & Carneiro, 2023, neste volume) e dos estudos sistemáticos e levantamentos que permitem reunir informações e interpretar o passado remoto de tão vasta região. Os estudos interessam a finalidades práticas, como a localização de reservas de água (ver Carneiro, Castilho-Barbosa & Basilici, 2021, neste volume), petróleo, gás, carvão e minérios, além de servir para a preservação e proteção do meio ambiente. Os estudos também possuem interesse acadêmico, já que possibilitam saber como foi a evolução da crosta terrestre nessa parte das américas. Para sintetizar conceitos sobre a história evolutiva da bacia, convém apresentar conhecimentos básicos sobre bacias sedimentares, Tempo Geológico, sedimentação e erosão.

## O que é uma bacia sedimentar?

Bacias são áreas subsidentes, ou seja, áreas que, durante certos intervalos de tempo, tendem a “afundar” na crosta. O termo **subsidência** é explicado pelos geólogos como um movimento negativo: partes da crosta terrestre “descem” rumo ao interior do planeta, por causas geralmente desconhecidas.

Dizemos que uma depressão tem origem tectônica quando está relacionada à dinâmica interna da Terra. Se a subsidência se interrompe, ou se inverte pelo fenômeno de **soerguimento**, intensificam-se os processos erosivos, que podem destruir ou remover a totalidade ou uma parte dos sedimentos depositados. Durante os intervalos de erosão

prolongada, podem se formar superfícies que correspondem a autênticas lacunas do registro geológico. São os hiatos erosivos ou **discordâncias** (ver item específico, adiante).

A subsidência ocorre em “pulsos” mais ou menos duradouros, que podem cessar ou se inverter ao longo do tempo. Assim, bacias sedimentares são áreas na crosta terrestre que permanecem rebaixadas durante longos períodos. A erosão remove materiais das terras altas adjacentes, que são progressivamente acumulados nas depressões. Existem muitos recursos e ferramentas que permitem a *observação direta* dos processos de sedimentação, mas quando se trata de eventos que aconteceram há milhões de anos, somente temos acesso a registros indiretos. Podemos, por exemplo, analisar a geometria das camadas, a composição e as associações entre os diferentes materiais que preenchem uma bacia.

### Bacias subsidentes e... “famintas”

Com o tempo, uma depressão causada por subsidência vai sendo preenchida por sedimentos provenientes da erosão das terras elevadas adjacentes, pois a área deprimida canaliza para si a rede de drenagem regional. Caso o suprimento sedimentar seja insuficiente para preencher toda a área deprimida, muitas vezes devido a condições de clima semiárido, combinado com relevo baixo e restrições ao fluxo em pequenas bacias hidrográficas, podemos ter o que os geólogos denominam “bacia faminta”.

Um ótimo exemplo de subsidência na América do Sul é a Bacia do Pantanal que, durante o Quaternário, acumulou espessura de sedimentos superior a 500 m, ou seja, a crosta terrestre subsiduiu em média 0,2 mm anualmente ao longo dos últimos dois milhões de anos da história da Terra (Fig. 3):

A acumulação tende a entulhar de sedimentos todo o espaço disponível da bacia. Considerando que o Pantanal tem permanecido raso durante todo o tempo da história humana, pode-se concluir que a região deva ter afundado continuamente, para acolher mais sedimentos, empilhados lentamente, a uma taxa média superior a 2 mm / 10 anos. O número, aparentemente pequeno, assume grande significado pelo longo intervalo de tempo correspondente (Carneiro, 2012, p.26).

O fato só foi constatado após a execução de poços e levantamentos sísmicos pela Petrobras (Assine, 2012). Na ilustração, as linhas de mesma espessura de sedimentos são denominadas **curvas de isópacas**.

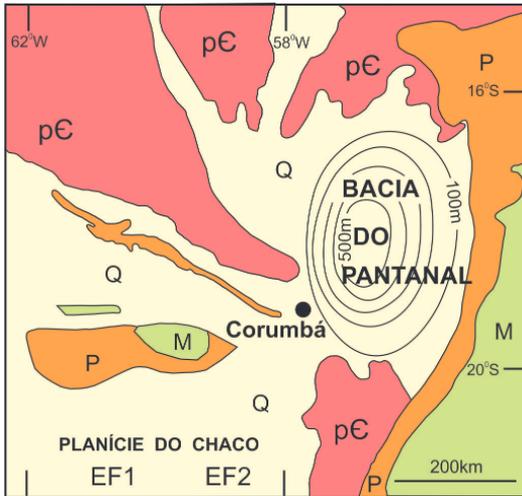


Figura 3. Curvas de isópacas da Bacia do Pantanal. Convenções: (pE) Rochas mais antigas, de idade pré-siluriana, denominadas “embasamento”; (P) Rochas paleozoicas; (M) Rochas mesozoicas; (Q) Sedimentos do Quaternário; (curvas) espessura estimada dos sedimentos, em metros. Modif. de Assine (2012, Fig. 5)

## Um bolo de camadas

Espalhada por ampla área, superior a 1.500.000 km<sup>2</sup>, a Bacia do Paraná tem forma parecida com um grão de feijão, cujo eixo maior encontra-se em posição norte-sul (Fig. 1). O contorno ovalado, que perfaz perímetro total da ordem de 5.500 quilômetros, abrange praticamente toda a região sul do Brasil e partes dos países vizinhos na América do Sul, incluindo porções do Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte-noroeste do Uruguai. No Brasil, a bacia compreende os estados do Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e partes de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais.

Embora imperfeita, a analogia do bolo de camadas descreve bem a estrutura interna da Bacia do Paraná. Quando preparamos um bolo com camadas de massa de chocolate intercaladas com camadas de creme, primeiramente temos de escolher uma superfície adequada como, por exemplo, uma travessa. A travessa é o “embasamento” do bolo. Assim, sucessivamente, camada após camada, montamos o bolo colocando primeiro um pouco de massa com chocolate e sobre ela, uma camada de creme. Adicionando mais camadas de chocolate e creme, uma recobrimo a outra, chegamos à cobertura do bolo. A camada inferior é



Figura 4. Cataratas do Rio Iguazu, na divisa do Brasil com Argentina e Uruguai.  
Imagem: CDR Carneiro

necessariamente mais antiga do que a imediatamente superior, e assim por diante; essa propriedade singular das sucessões rochosas levou os cientistas a formular os princípios fundamentais da Estratigrafia – a ciência que estuda os estratos sedimentares, incluindo minerais e fósseis presentes, sua ordenação cronológica, distribuição geográfica e ambientes de sedimentação: o Princípio da Horizontalidade Original e a Lei da Superposição.

O termo “bacia” é uma analogia com bacias de lavar roupas, cuja parte mais profunda fica no centro e as bordas são cada vez mais rasas, como na bacia do Pantanal (Fig. 3). O preenchimento da Bacia do Paraná corresponde, grosso modo, a uma pizza alongada: a partir da base, cada camada que aparece de um lado percorre toda a parte “inferior” da pizza e reaparece do outro lado e assim sucessivamente (Fig. 1). As maiores espessuras de sedimentos acumulados em geral ficam na parte central, diminuindo gradualmente em direção às bordas. A camada superior, no centro da pizza, foi a última a ser colocada sobre as demais. Na Bacia do Paraná essa camada se depositou ao final do Cretáceo, há mais de 65 milhões de anos.

### **Distinção entre bacia hidrográfica e bacia sedimentar**

Na bacia hidrográfica do Paraná, várias barragens possibilitaram construir reservatórios de água para geração de hidroeletricidade. A maior delas, a magnífica barragem de Itaipu, situa-se próximo à cidade

de Foz do Iguaçu, pitoresco sítio de um dos mais impressionantes espetáculos da Natureza, as cataratas do Rio Iguaçu, afluente do Rio Paraná (Fig. 4). Em vários locais da bacia sedimentar ocorrem *cânions*, relevos escarpados (Fig. 5) e outras feições paisagísticas que todos temos profundo interesse de conhecer e preservar.

### **Tempo Geológico: quanto tempo demora para se formar uma bacia sedimentar?**

Para dar uma ideia aproximada de quanto tempo demorou para formar-se uma bacia com as gigantescas dimensões da Bacia do Paraná, precisamos primeiro entender o significado da expressão “períodos de tempo muito longos” utilizada acima. Acostumamo-nos a ver situações, no ambiente natural ou artificialmente construído, que se desenvolvem com velocidades rápidas: o voo de um pássaro, um raio e seu trovão, a passagem de um automóvel, uma ventania. Temos que mudar nossa escala de percepção para imaginar intervalos de tempo ainda mais longos, como a longa migração de um bando de aves, um temporal, o deslocamento completo de um veículo em uma estrada por milhares de quilômetros, uma garoa suave etc.



Figura 5. Canyon do Itaimbezinho, situado no Parque Nacional de Aparados da Serra, na divisa dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Imagem: CDR Carneiro

Imagine agora qual seria o ajuste necessário para pensar em eventos que aconteceram durante intervalos de tempo ainda maiores. Se visitarmos o Parque natural do Varvito, na cidade de Itu (SP), teremos contato visual com o esplêndido registro de camadas sedimentares (Fig. 6) acumuladas e compactadas ao longo do tempo, um intervalo de tempo muito longo. Quanto tempo? Estamos falando de um passado remoto, da ordem de 300 milhões de anos (300 Ma) atrás. Mais do que isso, o ambiente foi muito distinto daquele que existe hoje. Nessa época o Brasil e grande parte dos continentes atuais, como a África, Antártida, Austrália e a Índia estavam unidos e, além disso, situados próximos ao polo sul da Terra.

A Geologia se diferencia radicalmente das demais ciências pelas escalas temporais e espaciais: a escala de tempo empregada na maioria das profissões, como médicos, engenheiros, advogados, físicos e químicos, é, basicamente, a escala das sociedades humanas, que medem o tempo em horas, dias, meses e anos, no calendário gregoriano. Qualquer estudo geológico exige ampliação da escala para séculos, milênios, milhares de milênios e assim por diante, a partir da observação detalhada das rochas e da compreensão das relações entre as distintas unidades diretamente no campo, que é o laboratório do geólogo.

“O tempo profundo é tão estranho a nós que só podemos realmente compreendê-lo por metáforas” (Gould, 1991, p.15).

“Sir” James Hutton, em fins do século XVIII, ao desvendar a imensa magnitude do Tempo Geológico, colocou a Geologia em posição de relevância inconfundível na Ciência. Frodeman (1995, 2010) compara a revolução do pensamento humano provocada pela concepção de Tempo Profundo à mudança de visão de mundo que ocorreu quando o heliocentrismo substituiu o geocentrismo:

“(…) são avanços profundos do conhecimento científico e da cultura humana, porque mudaram a forma pela qual o homem se reconhece no universo” (Carneiro et al., 2012).

O Varvito de Itu (SP), cujos registros são similares a outros, preservados em diversos locais do vasto supercontinente Gondwana, formou-se no fundo de antigos lagos, lâmina sobre lâmina. É aí que entra um enorme desafio para nossa imaginação: temos de pensar em fenômenos que aconteceram sob condições muito distintas das de hoje e, além disso, conceber o fundo de um lago calmo e tranquilo,



Figura 6. Camadas horizontais da rocha conhecida como varvito de Itu (SP), que exibe uma alternância repetitiva de camadas argilosas com camadas siltosas; eventualmente, podem ocorrer seixos, de tamanhos pequenos a grandes, depositados durante a deposição de icebergs que flutuavam na superfície do lago glacial. Imagem: CDR Carneiro

que recebe a descarga suave de sedimentos transportados pela água de degelo de grandes geleiras. As águas percorreram a base das geleiras e deixaram no lago os sedimentos que transportaram, lentamente, uma lâmina sobre a outra. Durante certo tempo, o fundo do lago é recoberto por película muito fina de argila negra, impregnada de matéria orgânica. Passam-se meses e, eventualmente, anos, até que nova camada se deposite acima dela, recobrando-a. A nova camada pode ser formada predominantemente de silte, um material abundante nas camadas do varvito, cuja granulação (tamanho das partículas) é intermediária entre areia e argila, porque a movimentação das águas que alimentavam o lago continua sendo lenta. Se as águas tivessem maior velocidade de deslocamento, certamente as partículas de argila e silte teriam sido removidas, tal como ocorreria se você colocasse um pouco de barro (argila) em um copo de água e agitasse a água. Seria preciso que a água parasse seu movimento por completo para que uma camada de argila e silte se depositasse no fundo. Cada camada permanece no fundo do lago durante certo tempo e, assim, os seres vivos habitantes dos lagos, como pequenos crustáceos primitivos, ao se deslocar, deixam pegadas impressas nos sedimentos moles do fundo macio. As marcas deixadas

por seres bentônicos acabam recobertas por outra lâmina mais nova de argila ou silte, ficando protegidas, e assim por diante, tal como as páginas de um livro protegem e guardam uma pequena folha ou um inseto aprisionado entre elas. Em sua obra fundamental, “Theory of the Earth”, “Sir” James Hutton (1780) admitiu que os sedimentos originalmente moles se transformam em rochas sedimentares resistentes após passar por transformações controladas pelo calor interno da Terra e pela pressão, conforme destacou “Sir” Archibald Geikie em obra datada de 1897 (republicada em 1905 e 1962).

Ao observarmos a bela sucessão de camadas de uma amostra de varvito (Fig. 6), podemos pensar que cada uma delas representou, durante algum tempo, o fundo calmo de um lago. Camada após camada, uma recobrando a outra, e assim por diante, durante milhares a milhões de anos, em uma história talvez monótona, mas que não pode ser contada segundo o ritmo de nossa vida diária: precisamos ajustar os padrões e alimentar nossa imaginação...

## Erosão e Sedimentação

Se escolhêssemos uma dada paisagem e pudéssemos fazer, a partir de hoje, uma fotografia por ano desse local, talvez não percebêssemos qualquer indício de mudança, ao longo de dez ou vinte anos. Os fenômenos que modificam a paisagem e que transportam solos e rochas de uma região para outra recebem o nome de “**erosão normal**”. Em geral, é muito difícil perceber seu desenvolvimento, já que são processos extremamente lentos que demandam intervalos da ordem de milhares de anos. Não se pode observar *diretamente* como se dá a erosão normal, mas podemos analisar muitos de seus efeitos, como as formas do relevo e a paisagem, seus principais resultados (Fig. 7). O contraponto da erosão normal é a **erosão acelerada**. Muitos casos de erosão acelerada nos são familiares, devido aos escorregamentos que envolvem perdas dolorosas de vidas humanas, ou perda de produtividade agrícola, em boçorocas ou vales rapidamente abertos pelas águas das chuvas em solos desprotegidos de zonas urbanas e rurais. A erosão acelerada provoca perdas imensas de terras aproveitáveis, reduz a produtividade agrícola e destrói solo superficial – um capital valioso que demora milhares a milhões de anos para se recompor (Akkawi & Carneiro, 2016). Combater a erosão acelerada é um imperativo para todas as sociedades dotadas de um grau mínimo de inteligência.



Figura 7. Visão panorâmica do relevo coalhado de matacões, que são grandes blocos arredondados de granito, na região vizinha ao Parque das Lavras, na cidade de Salto (SP). As rochas fazem parte do embasamento antigo da Bacia do Paraná. Imagem: CDR Carneiro

## O que é erosão?

A **erosão** é o processo geológico operado por agentes naturais como o vento, a água líquida ou o gelo (geleiras), que desgastam e transportam os materiais terrestres. O **intemperismo** também modifica as rochas, reduzindo-as a fragmentos ou dissolvendo-as sem, no entanto, envolver movimentação física dos materiais. A combinação de erosão e intemperismo é chamada **denudação**. Quando observamos a presença de poeira no vento, ou identificamos a presença de lama na água ou no gelo, estamos assistindo à ação da erosão. Os pedaços de rocha e solo suspensos no fluido e transportados de um lugar para outro são denominados **sedimentos**.

Em termos descritivos, os tipos principais de intemperismo são: (a) o intemperismo físico, que atua sobre as rochas de modo a mudar as propriedades físicas, sem alterar a composição química básica; (b) o intemperismo químico, que muda profundamente as propriedades e

altera a composição química da rocha original, dando origem a novos compostos; (c) o intemperismo biológico, realizado pela atuação de seres vivos, como microorganismos, fungos, musgos, vegetais e outros agentes do mundo animal e vegetal. Os principais produtos do intemperismo são os **solos**. Deslizamentos de encostas e outros tipos de movimento de massa fazem parte da erosão, mas em regiões tropicais e subtropicais é comum haver forte participação conjunta dos agentes de intemperismo químico e biológico, que originam espessas coberturas de solos e outros materiais superficiais.

## O que são sedimentos?

Qualquer material solto na Natureza, como a areia ou a argila transportadas e acumuladas por um rio, a areia da praia, ou mesmo a poeira transportada pelos ventos, constituem **sedimentos**. Os sedimentos dividem-se em três categorias gerais: *detríticos*, *químicos* e *orgânicos*. Os exemplos citados são todos de sedimentos detríticos, no sentido de terem sido mecanicamente removidos e transportados.

Em todos esses exemplos há uma característica comum, o transporte (ver “Botucatu: o grande deserto brasileiro”, em *Ciência Hoje* n. 143). O agente de transporte pode mudar, como a água do mar, a água do rio, o vento ou o gelo, ou o tamanho das partículas envolvidas, mas o material que os agentes deslocam é chamado *sedimento detrítico*. Os sedimentos detríticos são comuns no território nacional, tendo sido formados a partir da erosão de rochas, cujas partículas são lentamente divididas e desmembradas pelos processos intempéricos (ação de águas e do calor ambiente) e depois transportadas.

Uma classificação usual de sedimentos detríticos emprega os seguintes termos para descrever a granulação das partículas: o conglomerado é uma rocha que contém blocos, seixos e calhaus, frequentemente separados entre si por uma matriz arenosa; o arenito e o siltito, respectivamente, são rochas em que predominam a areia ou o silte. Muitas combinações são possíveis entre esses termos. Finalmente, o argilito, o lamito ou o folhelho são rochas em que predomina a fração argila, cujas partículas possuem diâmetros menores que 2 micra, que é a milésima parte do milímetro. Os *sedimentos químicos* são formados a partir da precipitação de compostos especiais. Calcários, por exemplo, formam-se a partir da precipitação de carbonato de cálcio contido na água dos mares, geralmente por influência de seres vivos. Em locais onde

as águas continentais são muito ricas em carbonatos, podem acontecer precipitações, como os calcários dolomíticos da Bacia do Paraná aproveitados em pedreiras da região de Rio Claro-Limeira (SP), ou mesmo calcários mais antigos no interior dos quais formaram-se as inúmeras – e belíssimas – cavernas espalhadas pelo Brasil.

Outro tipo de sedimentos químicos são os evaporitos, rochas formadas em ambientes restritos, nos quais progressivamente os sais solubilizados se enriquecem na água restante, à medida que uma parte dela se evapora. Sabe-se que, durante a evaporação, apenas as moléculas de água são removidas do sistema e transferidas para a atmosfera, deixando de carregar os materiais dissolvidos. Estes acabam por se precipitar na base do corpo de água, dependendo de fatores como pressão, temperatura, solubilidade relativa dos sais e outros. Experimentos com a evaporação da água do mar revelam que, quando o volume de água cai a aproximadamente metade, o carbonato de cálcio é precipitado; quando o volume de água cai a aproximadamente 1/5, o sulfato de cálcio se deposita até que o volume remanescente de sais se reduza ainda mais. O cloreto de sódio juntamente com o sulfato de magnésio e o cloreto de magnésio começam a se formar quando o volume se reduzir a 1/10 do volume inicial. Embora no Brasil extensos depósitos de evaporitos sejam encontrados ao longo de bacias da margem continental, entre Santa Catarina e Pernambuco, as ocorrências desse grupo de rochas marinhas são relativamente poucas. Em ambientes áridos, certas condições restritas também podem formar evaporitos.

Finalmente, os *sedimentos orgânicos* são formados essencialmente pelos restos de plantas e animais cuja matéria orgânica é levada pelos agentes de transporte e depositada no fundo de lagos, rios ou mares. As mais comuns são a turfa, o betume e os restos de seres marinhos formadores do petróleo. A turfa, o carvão, o petróleo e o gás natural são os produtos dessa longa cadeia de transformações.

## O que são transgressões e regressões marinhas?

O nível médio das águas dos oceanos não permanece constante ao longo do Tempo Geológico, em resposta a movimentos “de placas tectônicas e/ou deformações que ocorrem no interior das placas” (Faustinoni & Carneiro, 2015). **Transgressão marinha** é um processo geológico que ocorre quando o mar inunda e recobre terras previamente expostas. Trata-se de uma relação dinâmica: tanto pode ter havido uma elevação

do nível do mar, quanto a superfície das terras emersas pode ter baixado. A determinação exata das causas é difícil; portanto, o fenômeno é descrito como uma mudança no nível relativo das superfícies do solo e do mar. **Regressão marinha** é o fenômeno oposto, quando áreas submersas do fundo do mar são expostas acima do nível do mar. O estudo das seqüências sedimentares antigas possibilita interpretar a ocorrência de transgressões e regressões marinhas, que podem ser causadas por eventos tectônicos, como a epirogênese (subsídências e soerguimentos tectônicos de grande escala), alterações climáticas importantes, como as eras glaciais, ou ajustes isostáticos após a remoção do gelo ou a erosão significativa de uma capa sedimentar.

A história evolutiva da Bacia do Paraná oferece ótimos exemplos de transgressões e regressões marinhas, além de ciclos importantes de glaciação e desertificação.

## O que são discordâncias e inconformidades?

Observe novamente a Figura 6, na qual poderá reconhecer uma sucessão de camadas muito delicadas. Algumas delas são completamente planas, outras exibem suaves ondulações que revelam fluxo de água durante a deposição. Sabemos que transcorreu um certo intervalo de tempo durante a deposição de cada camada. A superfície de contato que separa duas camadas sucessivas também corresponde a outro intervalo de tempo, cuja duração é indeterminada. Isso quer dizer que houve curtíssima interrupção do registro geológico, antes que uma nova camada se depositasse sobre a anterior, situada embaixo dela. Pode ser que ali simplesmente não se depositou qualquer sedimento nesse intervalo.

**Discordâncias e inconformidades** são *interrupções* longas do registro geológico causadas pela ação de processos erosivos, que destroem materiais previamente formados de qualquer origem, sedimentar, metamórfica ou ígnea. A superfície que representa a feição pode ser irregular ou perfeitamente plana, mas em geral ela é discreta, de difícil reconhecimento e constitui um **hiato deposicional**. Quando uma unidade sedimentar se deposita sobre um embasamento composto de rochas ígneas ou metamórficas, a superfície que os separa é denominada **inconformidade**. Caso a interrupção tenha sido suficientemente longa a ponto de haver significativa erosão das camadas sotopostas, esse tipo de hiato é reconhecido por meio de alguma mudança pronunciada do tipo de sedimento, interrupção da sucessão fóssilífera ou até mesmo

eliminação de um período geológico inteiro. Se os planos de acamamento permaneceram essencialmente paralelos acima e abaixo da superfície considerada, esta recebe o nome de **discordância plano-paralela**. Caso as camadas inferiores tenham sido inclinadas em função de alguma deformação, pode existir um ângulo entre os planos de estratificação em contato. Nesse caso dizemos que existe uma **discordância angular**.

## A Plataforma Sul-Americana e a origem da Bacia do Paraná

Depois de completado o processo de estabilização de Gondwana, na passagem do Proterozoico para o Cambro-Ordoviciano, formaram-se áreas subsidentes no interior do supercontinente. A Bacia do Paraná é uma delas, com mais de 7.700 m de rochas sedimentares e vulcânicas empilhadas. Sucessivas etapas de subsidência dessa parte do continente sul-americano acumularam desde centenas até milhares de metros de rochas formadas em ambientes tão diversos como rios, lagos, fundos oceânicos, planícies deltaicas, geleiras, desertos, extensos derrames vulcânicos e grandes intrusões magmáticas.

As informações geológicas disponíveis permitem recompor a linha geral de evolução da Bacia do Paraná, uma das cinco sinéclises ou bacias intracratônicas da América do Sul. Por estar inteiramente contida no interior de um cráton (uma plataforma estável), integrante da Placa Sul-Americana, representa perfeitamente o conceito de bacia intracratônica, pois não tem qualquer relação direta com as margens da placa. A Cadeia Andina, formada no choque de placas tectônicas, está na situação oposta. A movimentação das placas tectônicas é um fenômeno global que envolve ciclos de aglutinação e fissão de supercontinentes (Hasui, 2012a, 2012b). As rochas do embasamento formaram-se no intervalo de tempo entre fins do Proterozoico, Cambriano e Ordoviciano, quando expressivas cordilheiras montanhosas foram soerguidas; suas raízes estão hoje expostas em grande parte do território nacional. As colisões e amalgamentos aglutinaram antigas placas litosféricas, cujas raízes encontram-se representadas em crátons: Amazônico, São Francisco, Oeste Africano e Rio de La Plata (Fig. 8). Na América do Sul, o conjunto de eventos tectônicos que originaram o supercontinente Gondwana foi denominado **Ciclo Brasileiro**: envolveu processos de magmatismo, metamorfismo e deformação, responsáveis pela formação de vários tipos de rochas. As colisões geraram grande volume “aquecido” de crosta continental recém-agrupada, onde penetraram intrusões

ígneas neoproterozoicas, atualmente expostas em corpos graníticos nas bordas da bacia.

Geograficamente, a bacia inclui porções territoriais do Brasil Meridional, Paraguai Oriental, nordeste da Argentina e norte do Uruguai. No Brasil, compreende grande parte do território dos estados do Sul, porções de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. A bacia acumula espessura superior a 7.000 m de rochas sedimentares e magmáticas, tendo sido desenvolvida sobre crosta continental (Zalán et al., 1991).

Com a consolidação de Gondwana, perderam intensidade os esforços no interior das placas e a crosta terrestre se resfriou. Os terrenos do supercontinente passaram à etapa evolutiva de Estabilidade Plataformal (Paleozoico-Mesozoico), quando os movimentos da crosta afetam áreas extensas, são lentos e predominantemente verticais, envolvendo subsidência ou soerguimento. Praticamente todas as camadas da Bacia do Paraná se desenvolveram no Estágio de Estabilidade. Estruturas do embasamento controlaram o desenvolvimento da bacia, graças à reativação de estruturas antigas, como falhas e grandes fraturas que definiram a movimentação de blocos

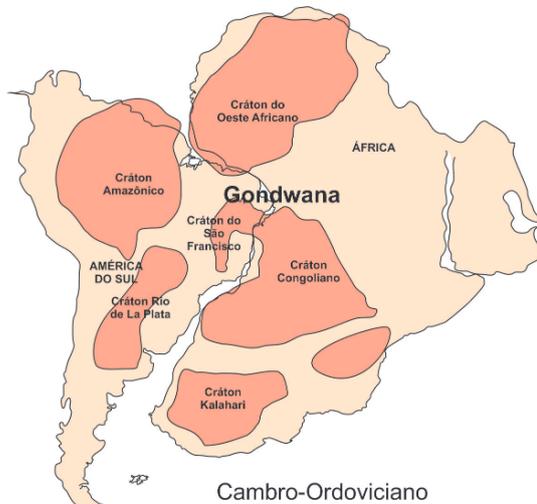


Figura 8. Arranjo de crátons antigos, cuja distribuição controlou a movimentação de placas tectônicas ao final do Neoproterozoico. Na transição para o início do Fanerozoico, as colisões e amalgamentos de placas formaram o supercontinente Gondwana

tectônicos (Pinto, 2019). No Juro-Cretáceo as condições se alteraram radicalmente, quando começou o estágio de Ativação Plataformar. A ruptura eocretácea das placas Sul-Americana e Africana promoveu intensa mobilidade da crosta, magmatismo, vulcanismo e deformações devidas ao deslocamento das placas tectônicas.

## História geológica da Bacia do Paraná

No Paleozoico, vastas regiões da América do Sul subsidiram mais de uma vez. A Bacia do Paraná reúne rochas sedimentares formadas entre o Ordoviciano Superior e o Cretáceo Superior (entre 450 e 65 Ma), como indicado nas Figuras 9 a 12, ao longo de quatro ciclos de subsidência (Silva et al., 2003). Milani (1997) e Milani & Ramos (1998) dividiram os ciclos sucessivos em seis supersequências: Rio Ivaí (Ordoviciano Superior-Siluriano Inferior), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero Superior-Permiano), Gondwana II (Triássico Médio a Superior), Gondwana III (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior) e Bauru (Cretáceo Superior). Cada supersequência é separada da seguinte por um hiato erosivo (discordância) de caráter regional (Milani et al., 2007). Bauru, a supersequência mais jovem da bacia, ocorre somente na porção setentrional. As rochas vulcânicas pertencem ao Cretáceo Inferior (supersequência Gondwana III), mas existem corpos intrusivos mais modernos, posteriores à separação continental, datados do Cretáceo Superior.

Cada supersequência abrange unidades de segunda ordem, que são “camadas do bolo”, separadas entre si por lacunas no registro estratigráfico (Fig. 9). Durante os intervalos em branco entre as unidades não houve deposição de sedimentos ou, se eles existiram, a erosão os destruiu por completo. Ao longo da evolução, as estruturas que controlaram a geometria da bacia são arqueamentos, falhas e fraturas. No perfil esquemático, orientado segundo NE-SW, observa-se que as áreas centrais da grande depressão sofreram maior subsidência (afundamento) ao longo do tempo (Fig. 10). Os principais estágios de desenvolvimento podem ser visualizados pelo arranjo espacial das camadas (Fig. 11).

A transgressão marinha siluriana, entre 464 e 430 Ma, invadiu zonas rebaixadas da parte meridional do continente, dando origem às rochas do Grupo Rio Ivaí. Com o recuo do mar no Siluriano Superior, a erosão destruiu parte dos sedimentos expostos. Houve nova invasão

marinha no Devoniano (419-369 Ma), formando a supersequência Paraná, composta pelas formações Furnas e Ponta Grossa. Os arenitos da Formação Furnas, portadores de fósseis de vegetais e icnofósseis, são fluviais na base, porém passam, transicionalmente, com interdigitações, a sedimentos marinhos recobertos pelos argilitos e folhelhos fossilíferos da Formação Ponta Grossa, de fins do Devoniano Inferior. A bela sucessão de reconstruções paleoambientais elaboradas por Melo (1989), reunidas por Almeida & Carneiro (2004), permite visualizar a distribuição do registro sedimentar nas diversas sinéclises da América do Sul, em intervalos correspondentes a 400, 395, 390 e 380 Ma.

A ampla transgressão marinha devoniana originou dois centros deposicionais na Bacia do Paraná (áreas mais intensamente rebaixadas): uma situada no atual Estado do Paraná e outra em Mato Grosso. As espessuras totais de sedimentos preservados nos dois depocentros ultrapassam 700 m. Almeida et al. (1980) interpretam que a calha deposicional devoniana da Bacia do Paraná configura uma bacia que já teria assumido condição de bacia interior, com suave mergulho concêntrico dos flancos, rumo ao depocentro, como ilustrado nos mapas da Figura 10 e no perfil da Figura 11.

## Glaciação permo-carbonífera

A supersequência Gondwana I pertence à terceira fase de subsidência, no intervalo Carbonífero Superior a Permiano (cerca de 300-251 Ma) (Fig. 9). A espessura total de sedimentos preservados na coluna de Gondwana I perfaz mais de 2.300 m sendo, pois, a mais espessa supersequência da bacia. As rochas do Grupo Tubarão depositaram-se sob influência de geleiras continentais, semelhantes às que existem hoje na maior parte da Groenlândia e Antártida. Como os continentes atuais estavam unidos e mais próximos do polo sul, no supercontinente Gondwana, a glaciação do período Carbonífero recobriu partes da América do Sul, da África, da Índia peninsular, da Antártida e da Austrália.

Camadas sedimentares contendo inúmeras evidências da atividade do gelo permo-carbonífero espalham-se, na América do Sul, por vasta área do sul-sudeste do Brasil, até o Uruguai e a Argentina. Em locais onde, por motivos climáticos, o gelo era mais espesso, o escoamento foi lento. Alguns estudiosos consideram que os sedimentos não são resposta direta da ação do gelo, mas representam retrabalhamento de material de origem glacial, pela ação de águas de rios e mares, em

ambiente periglacial, ou seja, próximo à área glacial. A presença do mar litorâneo a nerítico, proveniente do Sul, acha-se bem comprovada pela ocorrência, em localidades isoladas junto à borda oriental da bacia, de camadas contendo fósseis de braquiópodes e lamelibrânquios marinhos (Almeida & Carneiro, 2004). O Grupo Itararé originou-se de depósitos de variados ambientes e subambientes glaciais e periglaciais que se alternam horizontal e verticalmente. As camadas da unidade apresentam muitas evidências de deformação sin-sedimentar, tais como dobras, falhas e outras feições, cuja origem é explicada por movimentações de grandes massas de gelo, sem influência de qualquer atividade tectônica (Carneiro & Costa, 2006).

A Formação Rio Bonito recobre o Grupo Itararé; constitui uma interrupção transitória da transgressão marinha permo-carbonífera, sendo atribuída ao ingresso, na bacia, de grandes volumes de sedimentos clásticos arenosos deltaicos, associados a rochas formadas em outros ambientes: fluvial, lagunar, lacustre, paludal e de planícies costeiras, na transição para ambiente marinho. A Bacia do Paraná continuou a sofrer transgressão marinha no final do Permiano Inferior, quando as camadas da Formação Palermo, depositadas em ambiente de plataforma marinha rasa, foram sucedidas, no Permiano Superior, pelas rochas do Grupo Passa Dois, iniciado pela Formação Irati, no Kazaniano, auge da inundação (Almeida & Carneiro, 2004). Nessa unidade intercalam-se folhelhos pirobetuminosos, formados em águas anóxicas mais profundas, com rochas carbonáticas: calcários e dolomitos e localmente evaporitos, como anidrita, formados em águas de elevada salinidade. O restante do Grupo Passa Dois representa a sequência regressiva do mar, que recuou em fins do Permiano, quando baixou acentuadamente o nível do mar e tem início a fase continental do registro, que predominou até o Cretáceo.

Após o recuo do oceano permiano, formou-se um ambiente continental, registrado não apenas na Bacia do Paraná, mas em outras bacias da América do Sul e da África. As condições de exposição subaérea do fundo oceânico e das regiões continentais adjacentes culminaram no desenvolvimento da superfície de erosão regional permo-triássica (há aproximadamente 250 milhões de anos). Na região ocupada pelo Estado do Rio Grande do Sul e Uruguai, as rochas pelíticas fossilíferas da Formação Santa Maria e os arenitos fluviais da Formação Caturrita, ainda no Triássico, representam a primeira interrupção do processo erosivo

regional. Uma questão polêmica refere-se à idade da Formação Pirambóia<sup>1</sup>. Milani et al. (2007) consideram que a unidade, cuja ocorrência é restrita à parte setentrional da bacia, é análoga à Formação Sanga do Cabral, que correlacionam ao Permiano (Fig. 9). Outros autores, como Scherer et al. (2021) contudo, assinalam que a Formação Pirambóia, composta por rochas de origem flúvio-eólica, tem idade jurássica. A inexistência de fósseis e outros elementos seguros de datação dificultam uma decisão segura sobre qual das alternativas é a mais acertada, porém Scherer et al. (2021) confirmam a datação jurássica da unidade, a partir da descoberta de pegadas de tetrápodes na unidade flúvio-eólica (Christofoletti et al., 2021).

## A Megadesertificação Mesozoica

No Triássico e durante todo o Jurássico e o Cretáceo Inferior, a aridez climática intensificou-se progressivamente; um ambiente fluvial de rios efêmeros deu lugar a um ambiente desértico com predomínio de campos de dunas (chamados *ergs*). Almeida et al. (2012) reconheceram a vasta extensão dos desertos mesozoicos sul-americanos, tendo designado o fenômeno de “Megadesertificação Mesozoica”. Tais condições controlaram a deposição de rochas das supersequências Gondwana II e III da Bacia do Paraná. A supersequência Gondwana II registra a quarta fase evolutiva da bacia, no intervalo Triássico a Cretáceo (cerca de 251-65 Ma) (Fig. 9), quando os processos de subsidência deram lugar a extenso nivelamento regional, com menor amplitude de deslocamentos verticais.

A espessura preservada de rochas da supersequência Gondwana II atinge pouco mais de 500 m, o que revela uma subsidência menos intensa do que nas etapas precedentes. As rochas da Formação Pirambóia correspondem a depósitos de dunas e lençóis de areia, intercalados com unidades faciológicas típicas de depósitos interdunas, como lamitos e argilitos arenosos. No Estado de São Paulo, Brighetti (1994)

1 Nota do Editor: A palavra “piramboia” perdeu o acento, com o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa (URL: [http://www.academia.org.br/sites/default/files/conteudo/o\\_acordo\\_ortogr\\_fico\\_da\\_lngua\\_portuguesa\\_anexo\\_i\\_e\\_ii.pdf](http://www.academia.org.br/sites/default/files/conteudo/o_acordo_ortogr_fico_da_lngua_portuguesa_anexo_i_e_ii.pdf)). Entretanto, a norma admite exceção na grafia de nomes próprios, que podem manter acentuação. Decidiu-se manter o acento em Pirambóia, em referência à localidade-tipo onde a unidade foi definida, conforme citado em trabalhos publicados após o Acordo (exemplos: Dias & Scherer, 2008, Christofoletti et al., 2021, Scherer et al., 2021)..

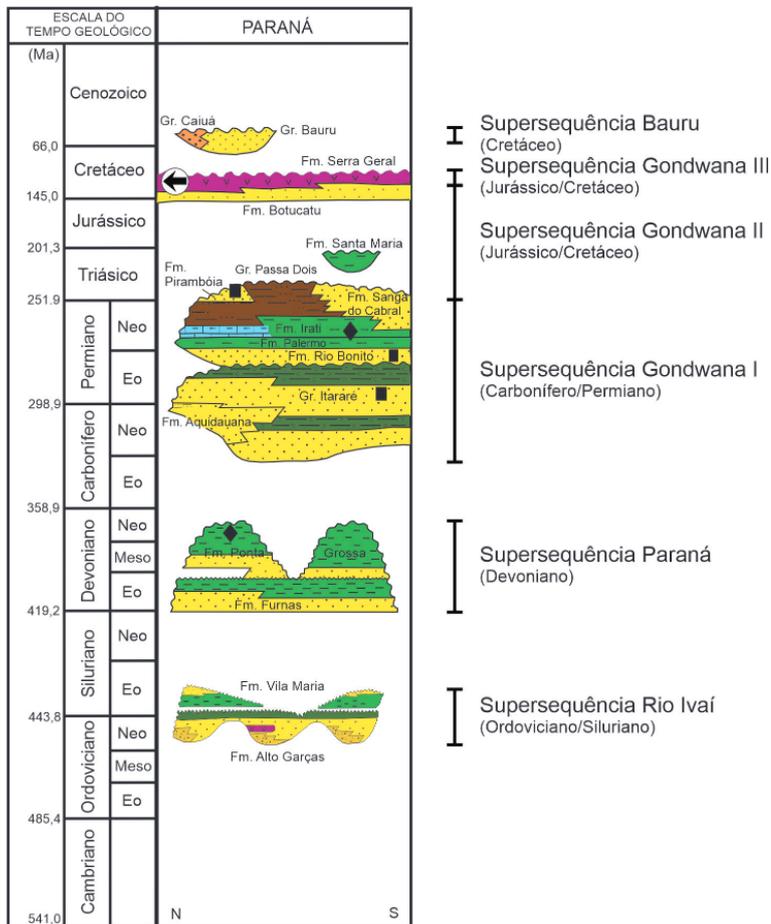


Figura 9. Principais unidades da Carta estratigráfica da Bacia do Paraná. As supersequências guardam correspondência com os intervalos do Fanerozoico, ajustados à Escala do Tempo Geológico de Cohen et al. (2013, atualizada)

reconheceu crescente desertificação da base ao topo da Formação. As condições paleoambientais na sequência superior da unidade indicam que grandes corpos de dunas registram a passagem para o domínio eólico pleno associado à Formação Botucatu (Assine et al., 2004).

A supersequência Gondwana III compreende depósitos de arenitos eólicos na base (Formação Botucatu) recobertos por uma sequência vulcânica (Formação Serra Geral), que recobrem uma área superior a 1.300.000 km<sup>2</sup> no Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Na região

noroeste da Namíbia, a bacia de Huab também registra uma sequência de arenitos eólicos sobrepostos por rochas vulcânicas (Waichel et al., 2012), que comprovam a ampla distribuição das unidades do Jurássico Superior-Cretáceo Inferior. Scherer (2000) interpretou a Formação Botucatu como o registro de um sistema eólico seco, indicado pelo acúmulo de dunas eólicas sem desenvolvimento de fácies interdunares úmidas.

A Formação Botucatu reúne pacotes de arenitos finos que atingem espessura máxima de 400 m, portadores de boa seleção granulométrica e grãos foscas, indicativos de retrabalhamento pelo vento. É abundante a presença de estratificação cruzada de porte médio a gigante em arenitos. A granulação é fina a média, com grãos bem arredondados e de alta esfericidade, geralmente foscas e avermelhados, característicos de deposição eólica em campos de dunas. Episódios cíclicos, provavelmente devidos a fluxo torrencial em aluviões (Almeida & Melo, 1981), formaram corpos lenticulares de arenitos médios a grossos, associados a arenitos conglomeráticos.

## **Vulcanismo Serra Geral e magmatismo associado**

No final do Jurássico a bacia foi sacudida por intensa atividade vulcânica que se estendeu até o Cretáceo Inferior. A intensa atividade vulcânica juro-cretácea produziu grandes derrames de lavas basálticas em largas áreas da Bacia, correspondente à Formação Serra Geral, bem como inúmeros corpos intrusivos (diques e soleiras, ou *sills*) (Fig. 10). São registros da intensa atividade magmática ocorrida no território brasileiro durante a Ativação Mesozoica (Almeida et al., 2000). Os resultados disponíveis de datações radiométricas indicam que o evento Serra Geral ocorreu entre 137 e 127 Ma (Milani et al., 2007). Em diversas partes da bacia encontram-se diques máficos e soleiras que constituíram condutos para que o magma atingisse a superfície na época (Fig. 11).

Nardy et al. (2008) assinalam que o vulcanismo que afetou a Província Mágica do Paraná-Etendeka migrou de Sul para Norte. Os derrames da Formação Serra Geral apresentam espessura individual variável, sendo frequente a intercalação com arenitos da Formação Botucatu. A composição das rochas eruptivas varia de toleítica até termos mais ricos em sílica, sobretudo na região limítrofe dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A expressão “arenitos intertrapeanos interdigitados com basaltos” foi inspirada na observação de derrames

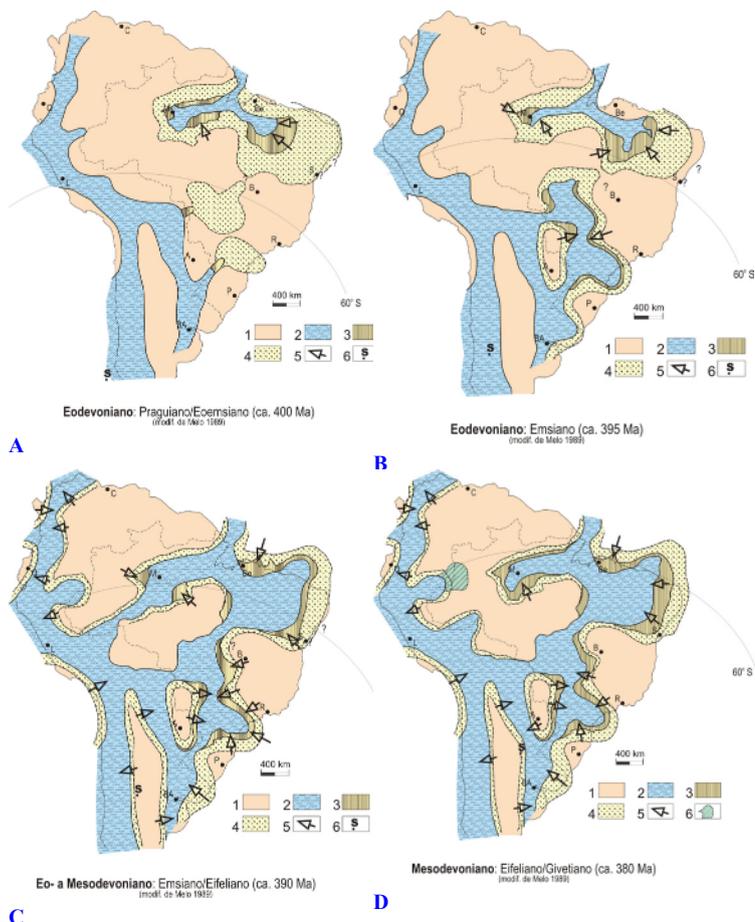


Figura 10. Etapas das sucessivas invasões marinhas na América do Sul no Devoniano. Figura modificada de Melo (1989) e Almeida & Carneiro (2004). A. Inundação eodevonianiana (Praguiano/Eo-Emsiano) (aprox. 400 Ma). B. Inundação eodevonianiana (Emsiano) (aprox. 395 Ma). C. Inundação eo- a mesodevonianiana (Emsiano/Eifeliano) (aprox. 390 Ma). D. Inundação mesodevonianiana (Eifeliano/Givetiano) (aprox. 380 Ma). Convenções: 1 – Área emergsa; 2 – Ambientes sedimentares marinhos; 3 – Ambientes transicionais; 4 – Ambientes sedimentares não marinhos; 5 – Setas indicativas das principais direções de suprimento sedimentar; 6 – Posição estimada do Polo Sul, com base em reconstruções de Li & Powell (2001). *Cidades*: A – Assunção; B – Brasília; BA – Buenos Aires; Be – Belém; C – Caracas; L – Lima; M – Manaus; P – Porto Alegre; Q – Quito; R – Rio de Janeiro; S – Salvador. Convenções idênticas às da Fig. 4, exceto para 6 – provável extensão máxima oriental dos ambientes não marinhos e transicionais na Bacia do Solimões (Sub-bacia Juruá)

que se intercalaram com camadas de arenitos Botucatu, porque estas ficaram aprisionadas em “armadilhas” (*traps*) de lavas. Sedimentos lacustres com estratificação plano-paralela também estão registrados nas sucessões intertrapeanas (Almeida & Melo, 1981).

Há registro de outros tipos de vulcanismo na bacia, datados do Eocretáceo ao Cenozoico. Fraturas e falhas frequentemente cortam as unidades rochosas (ver Figs. 11 e 12), tendo exercido controle parcial da sedimentação, além de ter provavelmente influenciado a distribuição das rochas vulcânicas cretáceas.

### O último ciclo de subsidência

O derradeiro ciclo de subsidência da Bacia do Paraná originou a Supersequência Bauru, cujos depósitos recobrem discordantemente os basaltos Serra Geral e atingem espessura máxima preservada de cerca de 300 m. O contato basal da Supersequência Bauru com os basaltos da Formação Serra Geral é discordante, sendo reconhecidos estratos portadores de matriz arenosa imatura que incluem clastos angulosos de basalto (Milani et al., 2007).

Após hiato de duração ainda não precisada, mas que teria cerca de 40 milhões de anos, durante o qual os derrames foram expostos à erosão e subsidência, iniciou-se a deposição da cobertura sedimentar em regime climático quente variando de árido a semiárido de umidade variável (Almeida et al., 2012, p.426).

A Figura 13 representa as curvas de contorno estrutural do “fundo” da Bacia do Paraná e indica a posição da seção NNW-SSE da Figura 11; as rochas da Supersequência Bauru estão no topo do pacote rochoso (ver Fig. 11). Tal como as curvas de nível em mapas topográficos, cada curva de contorno indica sua profundidade em metros; valores negativos assinalam posição abaixo no nível do mar. A ilustração, que possibilita visualizar as dimensões da bacia na vertical, é material de pesquisa para a produção de maquetes físicas tridimensionais da Bacia do Paraná em impressoras 3D, buscando-se fomentar o Ensino de Geociências (Carneiro et al., 2022).

As rochas dos grupos Caiuá e Bauru abrangem diversas subunidades. Predominam depósitos arenosos, formados sob condições semiáridas a desérticas. O Grupo Caiuá foi depositado em amplo deserto interior (Milani et al., 2007). A área de ocorrência das unidades perfaz aproxima-

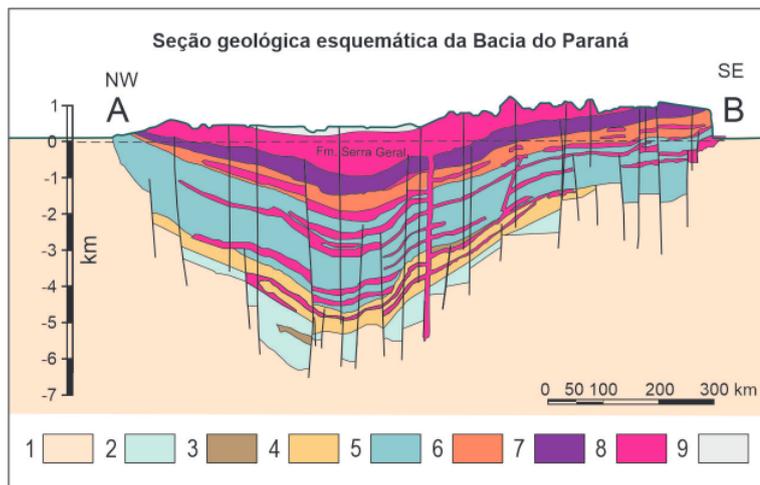


Figura 11. Perfil esquemático da Bacia do Paraná orientado para NNW-SSE, na posição indicada na Figura 13. Supersequências conforme definidas por Milani (1997) e Milani & Ramos (1998). Convenções: 1. Embasamento. 2. Supersequência Rio Ivaí. 3. Basalto Três Lagoas. 4. Supersequência Paraná. 5. Supersequência Gondwana I-a: Grupo Itararé. 6. Supersequência Gondwana I-b: Grupo Passa Dois. 7. Supersequências Gondwana II e Gondwana III-a: ambiente fluvial a desértico. 8. Supersequência Gondwana III-b: ambiente de vulcanismo continental. 9. Supersequência Bauru: ambiente desértico a fluvial. Modif. de Pereira et al. (2012)

damente 370.000 km<sup>2</sup>, nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso, e na região nordeste do Paraguai. As camadas do Grupo Bauru, que abrigam o mais completo registro de vertebrados da América do Sul, formaram-se sob as condições áridas a semiáridas que prevaleceram durante o Cretáceo Superior na região.

## A epirogênese pós-cretácea

O entendimento da paleogeografia que governou os últimos estágios da sedimentação cretácica é essencial para a compreensão da história geomorfológica regional: representa a passagem marcante “de uma história puramente geológica para uma história fisiográfica e geomorfológica, propriamente dita”, nas belas palavras do professor Aziz Ab’Sáber (1969a).

Há inúmeras provas de soerguimento continental no interior do continente desde o final da sedimentação mesozoica. O aparecimento de condições climáticas mais úmidas no Cenozoico permitiu a implantação

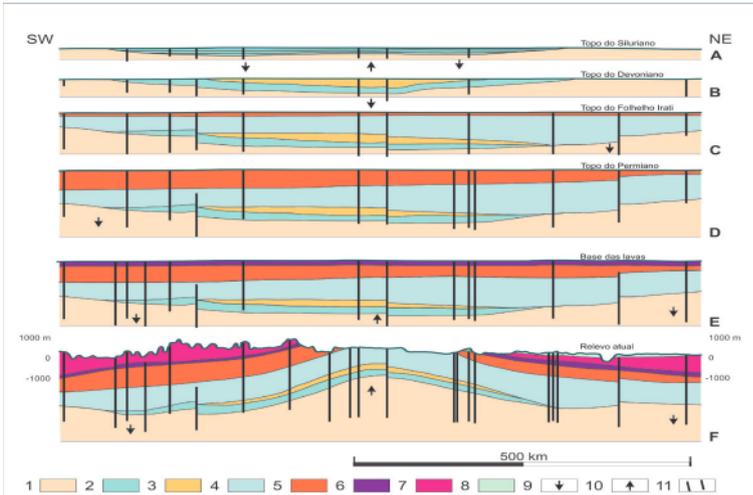
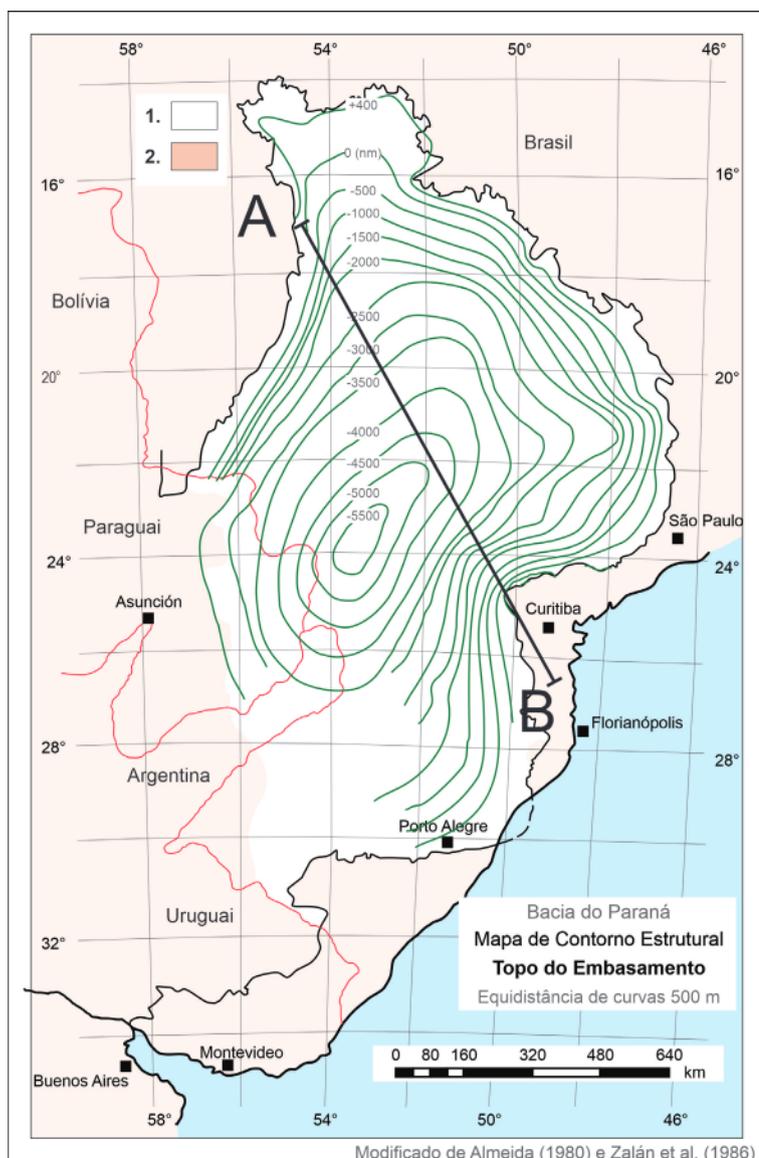


Figura 12. Representação esquemática da evolução da Bacia do Paraná, em perfis orientados na direção NE-SW. Cada etapa corresponde a uma supersequência, com acumulação de pacotes rochosos, exceto no perfil F (etapa erosiva). Figura modificada de Zalán et al. (1991). Idades: A. Neossiluriano. B. Devoniano. C. Neocarbonífero-Permiano. D. Permiano. E. Eocretáceo. F. Neocretáceo. Convenções:

1. Embasamento.
2. Supersequência Rio Ivaí, predominantemente marinha.
3. Supersequência Paraná: ambiente continental, transicional e marinho.
4. Supersequência Gondwana I: ambiente sedimentar não marinho e marinho, sob influência glacial.
5. Supersequência Gondwana I: ambiente sedimentar não marinho, transicional e marinho.
6. Supersequências Gondwana II e Gondwana III: ambiente continental desértico e vulcanismo continental.
8. Supersequência Bauru: ambiente continental.
9. Setas indicativas de subsidência.
10. Setas indicativas de soerguimento.
11. Falhas de diferentes idades

da rede hidrográfica e a concomitante formação de montanhas e planaltos junto às bordas das zonas soerguidas. O fenômeno, persistente no tempo, havia sido reconhecido por vários estudiosos, na primeira metade do século XX, tendo sido denominado por Ab'Sáber (1969a) de “epirogênese pós-cretácica”. Embora Ab'Sáber (1969a, 1969b) tenha adotado o início do soerguimento regional pós-cretáceo como limite inferior da evolução do relevo do sudeste brasileiro, Carneiro et al. (2010) situam no Mioceno o limite mais antigo da “neotectônica” da Placa Sul-Americana; segundo esses autores, apoiados em Fúlfaro & Suguio (1974), o limite inferior de 23 Ma marca o aparecimento de condições tectônicas similares às atuais. A maior parte das feições de relevo se formou nessa etapa da evolução regional. As exuberantes feições recortadas dos litorais catarinense e gaúcho (Fig. 5) são o fruto da atuação combinada dos fenômenos intempéricos e erosivos sob clima tropical úmido.



Modificado de Almeida (1980) e Zalán et al. (1986)

Figura 13. Curvas de contorno estrutural do “fundo” da Bacia do Paraná e orientação aproximada do perfil NNW-SSE da Figura 11. Modif. de Almeida (1980) e Zalán et al. (1986)

## Relevos sustentados por camadas da Bacia do Paraná

O suave mergulho concêntrico dos flancos rumo ao depocentro acentua a resistência diferencial das rochas frente aos agentes de denudação (intemperismo combinado com erosão), evidenciando um forte condicionamento estrutural das camadas (Fig. 14). Almeida (1949) descreve sucessivas formas de “cuestas” no relevo da bacia, que são sustentadas por camadas de diferentes idades. A palavra *cuesta* significa *encosta* no idioma espanhol; é uma forma de relevo assimétrica, sustentada por camadas de diferentes resistências ao desgaste, que se inclinam suavemente no sentido do caimento regional, com um declive abrupto no lado oposto (Fig. 14). Na Bacia do Paraná, o caimento concêntrico dos pacotes sedimentares e vulcânicos dirige-se para a calha do rio principal. Com efeito, desde que se constituiu, a Bacia do Paraná

(...) vem sofrendo subsidência mais acentuada ao longo de seu eixo, de tal maneira que, em quase toda a sua periferia, as camadas se inclinam naquela direção. Nas regiões mais externas e camadas mais antigas, onde são maiores as inclinações, estas atingem de 15 a 25 m/km (Almeida, 1949, p.22).

Colinas são as formas dominantes do relevo da região ocupada pela bacia, localmente interrompidas por morrotes e extensas escarpas morfológicas sustentadas por rochas mais resistentes à denudação, como os arenitos da Formação Botucatu e as rochas ígneas da Formação Serra Geral. O traçado geral das escarpas é sinuoso, configurando o típico relevo de “cuestas”, na designação de Almeida (1949, 1964, 2018). Em ampla faixa do interior da bacia, observa-se que camadas compõem o relevo das cuestas, enquanto rochas sedimentares mais resistentes e rochas basálticas suportam pequenas serras e escarpas (Fig. 14). Ab’Sáber (1949) cunhou o termo circundesnudação para definir o processo de formação de “patamares de erosão, deprimidos e periféricos, na borda de bacias sedimentares”. Após fases de soerguimento regional (epirogênese), a intensificação das atividades erosivas propiciou o desenvolvimento de processos de denudação periférica, sobretudo em domínios de bacias cujo formato é circular ou semicircular.

No Paleógeno e Neógeno formaram-se coberturas sedimentares esparsas. O desenvolvimento da rede de drenagem foi controlado, muitas vezes, por soleiras locais (Hasui et al., 1976) e por sistemas de fraturas. Durante a evolução quaternária, formaram-se as coberturas

de solos areno-argilosos sobre unidades sedimentares, as manchas de terra-roxa sobre rochas básicas, os campos de matacões sobre corpos graníticos (Fig. 7), além de algumas manchas isoladas de aluviões, vinculadas à rede de drenagem.

## A origem das superfícies de erosão regionais

Modelos teóricos concorrentes buscam explicar a origem e o desenvolvimento das superfícies de erosão regionais. O mais antigo é o modelo de ciclo erosivo, proposto por William Morris Davis (1905), que considera o modelado terrestre como resultado da influência dos processos morfogenéticos, segundo etapas de um ciclo (Christofolletti, 1989). O ponto de partida do modelo é uma região plana submetida a soerguimento ideal, rápido e uniforme em relação ao nível de base. Como o ciclo é muito longo, a cobertura vegetal e as características geológicas exercem pouca influência, uma vez que, havendo tempo suficiente, todo o relevo será rebaixado até o nível de base (local ou global). Na fase juvenil de evolução, os rios formam cachoeiras e escavam gargantas. Quando é grande a amplitude vertical das formas, formam-se relevos montanhosos e os afluentes não acompanham o entalhamento do rio principal. Se o desnível for pequeno, os vales são menos profundos e formam-se colinas. Na fase de maturidade, os rios regulam seu perfil longitudinal, as rupturas de declive desaparecem, as vertentes se alargam e as declividades diminuem. Na fase de senilidade, a declividade continua a ser lentamente rebaixada, tendendo a desaparecer. No final do ciclo erosivo, predominam colinas baixas, recobertas por mantos de detritos intemperizados.

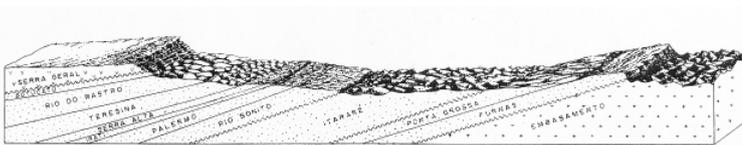


Figura 14. Formas genéricas de relevo em uma seção esquemática que cruza a Depressão Periférica da Bacia do Paraná. O perfil é orientado segundo NW-SE. Lembrar que os mergulhos das camadas são na realidade muito mais suaves do que está indicado. O grande exagero vertical faz com que um mergulho da ordem de 1° (ou ainda menor, como por exemplo um caimento de 2 metros por quilômetro) se apresente em ângulo irreal, muito maior. As linhas sinuosas que separam algumas unidades estratigráficas correspondem a discordâncias (hiatos) na deposição (comparar essa sucessão com a ilustrada na com a Fig. 9). Fonte: Figura 3 de Vieira (1973)

O modelo de Davis perdeu vigor, como forma de interpretação da evolução do relevo tropical, graças às pesquisas de geomorfólogos brasileiros (Ab'Sáber, 2000, Carneiro et al., 2010), que conciliaram dois modelos: a Teoria da Pediplanação, baseada nas relações entre a geologia e as oscilações climáticas, e a Teoria da Bio-Resistância. As concepções consideram que, em regiões intertropicais, a alternância de eras glaciais e interglaciais determinou mudanças climáticas que ficam registradas pelo aparecimento de paleopavimentos detríticos na paisagem. Quando ocorre uma variação climática do úmido para o seco, a desagregação de núcleos rochosos nas fases de extrema semiaridez origina seixos e fragmentos rochosos que as enxurradas periódicas transportam e espalham pela superfície do terreno. Em uma fase úmida, os níveis de paleopavimentos são recobertos por sedimentos e materiais de solos carreados de outras áreas (Carneiro et al., 2010). As *linhas de seixos*, comumente identificadas na base de formações coluvionares, passaram a ser interpretadas como paleopavimentos detríticos.

Superfícies de erosão de importância regional, desenvolvidas no Neocretáceo, como a Superfície Japi, sofreram deformações (Ponçano et al., 1981) devidas ao soerguimento regional pós-Cretáceo (Ab'Sáber, 1991) (Fig. 15). A superfície de aplainamento identificada por Martonne (1943) como “Superfície das Cristas Médias”, e denominada Japi por Almeida (1958), foi deformada por flexuras e grandes falhas (Almeida, 1964, Almeida & Carneiro, 1998). A Figura 14, modificada de Almeida (1964, 2018), indica a projeção de perfis paralelos, desde a região de Serra Negra (SP) até os campos do Ribeirão Fundo (MG), em direção 70°NE.



Figura 15. Representação esquemática da deformação da Superfície Japi, a partir da borda da Bacia do Paraná, em perfis orientados na direção NE-SW. Figura modificada de Almeida & Carneiro (1998). Símbolos: 1. Superfície de erosão Itaqué, que nivelou as rochas antigas da base das camadas do Carbonífero Superior-Permiano. 2. Superfície Japi, formada no Neocretáceo. A Superfície Japi nivelou rochas das formações Serra Geral e Bauru, tendo sido soerguida no Cenozoico.

Duas superfícies de erosão regionais podem ser visualizadas na Figura 15: (1) Superfície de aplainamento Itaquá, que nivelou rochas antigas sotopostas às camadas glaciais de idade neocarbonífera-permiana. É, portanto, mais antiga que a Superfície Japi. (2) Superfície de aplainamento Japi, que nivelou rochas das formações Serra Geral e Bauru, tendo sido soerguida no Cenozoico. A partir das bordas da Bacia do Paraná, a deformação da Superfície Japi “ergue-se gradualmente por flexão até 1.650 m. Daí ao topo da Serra da Mantiqueira a superfície eleva-se, talvez por falhas, a 2.000-2.100 m de altitude no planalto de Campos do Jordão” (Almeida & Carneiro, 1998).

## Sistema Aquífero Guarani (SAG)

Os arenitos eólicos jurássico-eocretáceos da Bacia do Paraná hospedam grandes reservas de água doce, que compõem o Sistema Aquífero Guarani (SAG), um dos principais reservatórios de águas subterrâneas do continente (ver Carneiro et al., 2023, neste volume). *Aquíferos* são reservas subterrâneas, totalmente embebidas (saturadas) de água, abrigadas em unidades geológicas que podem ser porosas ou fraturadas. Os poros ou fraturas devem estar interconectados para permitir que a rocha seja permeável e possibilite circulação contínua.

O mapeamento geológico das unidades que compõem as sequências Gondwana II e III pode ajudar a combater e mitigar os problemas de contaminação do SAG, que são críticos, sobretudo nas áreas de recarga (ver Carneiro, Castilho-Barbosa & Basilici, 2023, neste volume). A origem da contaminação de águas subterrâneas é diversificada, sendo mais comuns aquelas que se relacionam diretamente com atividades industriais, domésticas e agrícolas. Atividades industriais podem produzir contaminação subterrânea por: (a) águas servidas, contendo compostos químicos, metais e/ou com alta temperatura; (b) elementos radioativos; (c) chorumes, que se infiltram na base dos aterros sanitários ou nas proximidades; (d) acidentes com produtos químicos. Atividades domésticas podem contaminar a água subterrânea devido a: (a) chorume proveniente de aterros sanitários e lixões; (b) acidentes com rompimentos de fossas sépticas ou redes de esgotos. Atividades agrícolas podem causar contaminação de água subterrânea devido a: (a) substâncias dissolvidas e transportadas pela chuva ou pela irrigação; (b) fertilizantes minerais, naturais etc.; (c) sais, herbicidas e pesticidas etc.

## Material Didático sobre a Bacia do Paraná

Grão de feijão, bacia de lavar roupas, pizza alongada, bolos de camadas de chocolate e creme, enfim, todas as analogias que utilizamos neste Capítulo, aqui denominado “texto-base”, nascem da ideia de que as grandes dimensões físicas da bacia representam enorme desafio para a imaginação de um jovem estudante. Outro desafio diz respeito aos longos intervalos de tempo ligados à sua complexa evolução.

O professor de educação básica pode recuperar material valioso da internet para complementar suas aulas e estimular a participação ativa do estudante. O esforço será amplamente recompensado quando o aluno se interessar por determinado tema e fizer novas perguntas, revelando sua curiosidade e interesse por aprender mais. Selecionamos três fontes que tratam de: “Ciclo das Rochas”, “Tempo Geológico” e “Raciocínio Geológico”. Cada uma das fontes, indicadas abaixo, nos ajudou a organizar um material didático que explora vários aspectos do capítulo.

### Ciclo das Rochas

1. **Fonte:** Carneiro, C. D. R. (2012). As esferas terrestres se reciclam: o Ciclo das Rochas. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. eds. (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 16-23. (Cap. 1).

Recuperamos do livro “Geologia do Brasil” o texto de Carneiro (2012): *As esferas terrestres se reciclam: o Ciclo das Rochas*. A partir dele, formulamos questões e pedimos que os estudantes procurem exemplos, no texto-base, dos conceitos contidos nos trechos e ideias referidos.

Recebemos hoje com naturalidade as incontáveis imagens orbitais, que nos oferecem, a qualquer hora, detalhes impressionantes e magníficos da Terra.

- Enumere **duas** passagens ou ilustrações que mostrem uma visão da Terra desde o espaço.

A imagem de um planeta composto por terras emersas (continentes) separadas por oceanos e mares tornou-se insuficiente para interpretar a realidade, de modo que devemos, hoje, “olhar” para a Terra como um sistema integrado. É imprescindível considerar a história geológica do planeta para entender a complexidade e as interações dos processos naturais e humanos e antever possíveis consequências.

- Enumere **duas** passagens ou ilustrações que revelem uma visão sistêmica da Terra.

O estudo das modificações da matéria do reino mineral permite realizar previsões de acontecimentos futuros em relação à agricultura, ao solo, ao clima, aos oceanos, e à disponibilidade de recursos minerais.

- Enumere **uma** passagem no texto base que ilustre uma previsão de acontecimentos futuros.

Para compreender as interações terrestres, classificamos os materiais e os processos típicos que os afetam em grandes domínios, chamados de geoesferas.

- Selecione **uma** passagem no texto base que aborde a interação de esferas e identifique-as.

## Tempo Geológico

**2. Fonte:** Gandini, R. (s.d.). *Escala do tempo geológico*. InfoEscola. URL: <https://www.infoescola.com/geologia/escala-do-tempo-geologico/>.

Recuperamos do website “InfoEscola” o texto sintético de Gandini (s.d.), a respeito da *Escala do Tempo Geológico*. Com base nele, formulamos questões e pedimos que os estudantes procurem exemplos, no texto-base, do acerto ou equívoco contido em cada ideia abaixo referida.

Apesar de o planeta Terra parecer estático, está em constante movimento, tanto vertical, quanto horizontalmente.

- Enumere **três** passagens do texto base que exemplifiquem o comportamento dinâmico da Terra.
- Enumere **duas** passagens do texto base que cite movimentos verticais e horizontais da crosta.

As idades podem ser determinadas a partir de idades absolutas ou idades relativas.

- Identifique **duas** passagens em que idades absolutas situam eventos no tempo.
- Identifique **uma** passagem em que idades relativas ordenam dois eventos no tempo.
- Indique na *Escala do Tempo Geológico* **quando** se formou o relevo que visualizamos hoje.

- Indique na Escala *do Tempo Geológico* **quando** se formou o Sistema Aquífero Guarani.

O Princípio da Superposição estabelece que as camadas de rochas mais basais, numa sequência não perturbada, são sempre as mais antigas.

- Identifique nos perfis das figuras 10 e 11 quais as **idades absolutas** das supersequências.
- Desenhe nos perfis das figuras 10 e 11 quais unidades hospedam águas do Sistema Aquífero Guarani.

## Raciocínio Geológico

**3. Fonte:** Trevisan, R. (2021). *O que é o raciocínio geográfico e como desenvolvê-lo com seus alunos*. A Nova Escola. URL: <https://novaescola.org.br/bncc/conteudo/79/o-que-e-o-raciocinio-geografico-e-como-desenvolve-lo-com-seus-alunos>.

Recuperamos do website “A Nova Escola” o texto sintético de Trevisan (2021), a respeito de *O que é o raciocínio geográfico e como desenvolvê-lo com seus alunos*. Condensamos frases e questões, para pedir que os estudantes encontrem no texto-base exemplos dos conceitos referidos a seguir.

A principal mudança trazida pela BNCC no Ensino Fundamental é a ênfase na aplicação do raciocínio geográfico. Ao observar fenômenos, seja um abalo sísmico, ou um desmoronamento de terras causado pelo desmatamento, todos devem ser incentivados a ter a curiosidade de entender por que aquilo acontece. Os alunos devem pensar na questão da causalidade, da localização e das condições geográficas. Para desenvolver esta forma de pensar o espaço, a BNCC apresenta alguns recursos que podem ser utilizados em sala de aula.

1. Analogia: Os acontecimentos e os fenômenos nunca ocorrem da mesma maneira em dois ou mais lugares.
  - Enumere **duas** passagens do texto base que estabeleçam analogias.
2. Diferenciação: Princípio ligado à analogia; ajuda a entender as peculiaridades de cada região.
  - Enumere **três** passagens que descrevam fenômenos singulares ocorridos na evolução da bacia.
3. Conexão: O espaço geográfico é uma totalidade, composto por temporalidades e espacialidades.

- Enumere **duas** passagens do texto que expliquem de que forma o relevo atual *se diferencia* ou *se conecta* à história geológica da bacia.
4. Distribuição: Está relacionada às características naturais e de ocupação do espaço, que contribui para um entendimento ampliado do mundo.
  5. Extensão: O estudante deve ser conduzido a pensar sobre o espaço, sob outra perspectiva.
    - Enumere **três** passagens do texto que descrevam *distribuição* ou *extensão* de feições antigas da bacia.
  6. Localização: Relaciona-se à identificação no espaço de cada objeto territorial, sendo essencial diferenciar o lugar de local. “O local é o referenciamento frio, feito pelas coordenadas geográficas, ao qual esse princípio se refere. Já o lugar se estabelece pelas relações sociais que ali se firmam. É determinado pela identidade, pela afetividade e pelo sentimento de pertencimento”.
    - Delimite na figura 1 as camadas da bacia que hospedam águas do Sistema Aquífero Guarani.
    - Explique se a área delimitada é um **lugar** ou um **local**.
  7. Ordem: Trata-se de um olhar sobre o ordenamento territorial, que se relaciona com os usos do território. Envolve a análise sobre decisões políticas e de planejamento territorial e se relaciona aos fins políticos que influenciam obras e construções.
    - Explique se o aproveitamento das águas pode alterar a *ordem* da ocupação humana na bacia.

## Considerações Finais

O conhecimento científico moderno sobre a Bacia do Paraná resulta de incontáveis estudos de caracterização, trabalhos de pesquisa básica, mapeamentos e projetos de investigação para extração de água, minérios e hidrocarbonetos. O valor inestimável do saber geocientífico se expande para todos os campos de atividade humana. A principal conclusão que podemos extrair da longa cadeia de acontecimentos geológicos que teceram a bacia, ao longo de sua evolução, é que, para *conhecer* a história natural do chão sob nossos pés, é fundamental saber a

idade de cada feição ou formação geológica e as sucessivas modificações que os materiais terrestres e as paisagens sofreram ao longo do tempo.

A pesquisa científica é incessante, pois jamais o conhecimento é considerado pronto e acabado. Além do interesse acadêmico, tais estudos geológicos são essenciais para pesquisar novas fontes de energia, metais e minerais, bem como para se implantar atividades de turismo e de aproveitamento das águas, presentes na rede hídrica ou em aquíferos. O passado remoto acentua a diferença fundamental entre Tempo Geológico e “tempo humano”. Espera-se que, diante do contraste de escalas de tempo, a humanidade seja capaz de utilizar o conhecimento científico para evitar que se repitam muitos erros, alguns deles irreparáveis, que já aconteceram em relação ao meio ambiente.

Para controlar precisamente aquilo que se observa no laboratório e no campo, a pesquisa retorna sempre ao ambiente natural, onde estão os vestígios de uma história em permanente construção.

## Agradecimentos/Apoio

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aprimoramento de Pessoas de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsas a diversos estudantes de iniciação científica, mestrado e doutorado, ao longo dos últimos anos.

## Referências e sugestões de leitura

- Ab’Sáber, A. N. (1949). 1949. Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro. São Paulo, *Boletim Paulista de Geografia*, 1, 1-21. URL: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/article/view/1419>.
- Ab’Sáber, A. N. (1969a). Ritmo da epirogênese pós-cretácea e setores das superfícies neogênicas em São Paulo. São Paulo, *Geomorfologia*, (13):1-19.
- Ab’Sáber A. N. (1969b). A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácea da Bacia do Paraná. São Paulo: Inst. Geogr. USP, *Geomorfologia* 15. 26p.
- Ab’Sáber A. N. (2000). Summit surfaces in Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1, 2, 3), 28-31. URL: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/10833>.
- Akkawi, S. F., & Carneiro, C. D. R. (2016). A origem dos solos e motivos para protegê-los. In: Portugal, J. F., Oliveira, S. S. de, Meireles, M. M. de, Souza, H. R. de. orgs. (2016). *Geografia na sala de aula: Língua-*

- gens, conceitos e temas*. Curitiba: Ed. CRV. p. 317-336.
- Almeida, F. F. M. de. (1949). Relevo de “cuestas” na Bacia Sedimentar do Rio Paraná. *Bol. Paul. Geogr.*, 3, 21-33. URL: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/article/download/1408/1265>.
- Almeida, F. F. M. de. (1958). O Planalto Paulistano. In: Azevedo, A. de. (1958). *A cidade de São Paulo*. São Paulo, v. 1, p. 113-167. (v. 1, A Região de São Paulo).
- Almeida, F. F. M. de. (1964). Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: Instituto Geográfico e Geológico. *Geologia do Estado de São Paulo*. São Paulo: IGG. p. 167-263. (IGG. Boletim, 41)
- Almeida, F. F. M. de. (1967). *Origem e evolução da plataforma brasileira*. Rio de Janeiro, DNP/DM, Boletim 241. 36p.
- Almeida, F. F. M. de. (2018). Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo: *Revista do Instituto Geológico*, 39(3), 9-75. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v39i3.600>.
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (1995). Geleiras no Brasil e os parques naturais de Salto e Itu. *Ciência Hoje* 19(112), 24-31. Julho 1995.
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (1998). Botucatu: o grande deserto brasileiro. *Ciência Hoje*, 24(143), 36-43. Outubro 1998.
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (1998). Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2), 135-150. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1998135150>.
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (2004). Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. 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: Ed. Beca. p. 43-60. (Cap. 3).
- Almeida, F. F. M. de, & Melo, M. S. (1981). A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In: Almeida, F. F. M. de, Hasui, Y., Ponçano, W. L., Dantas, A. S. L., Carneiro, C. D. R., Melo, M. S. de, Bistrichi, C. A. (1981). *Nota Explicativa do Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000*. São Paulo, IPT. v.1, p.46-81. (IPT, Monografias 6).
- Almeida, F. F. M. de, Assine, M. L., & Carneiro, C. D. R. (2012). A megadesertificação mesozoica. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 419-428. (Cap. 17). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Almeida, F. F. M. de, Brito Neves, B. B. de, & Carneiro, C. D. R. (2000). Origin and evolution of the South-American Platform. *Earth-Sci. Reviews*, 50, 77-111.
- Assine, M. L. (2012). Pantanal Mato-Grossense: uma dádiva geológica. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 623-628. (Cap. 24c). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Assine, M. L., Alvarenga, C. J. S., & Perinotto, J. A. J. (1998). Formação Iapó: glaciação continental no limite Ordoviciano/Siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(1), 51-60. URL: <http://>

- bjg.siteoficial.ws/1998/n.1/5.pdf. Acesso 15.07.2023.
- Assine, M. L., Piranha, J. M., & Carneiro, C. D. R. (2004). Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. 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: Ed. Beca. p. 77-93. (Cap. 5). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Briguetti, J. M. P. (1994). *Faciologia dos sedimentos da Formação Pirambóia na região de Rio Claro (SP)*. Rio Claro, IGCE-UNESP, Dissert. Mestr. 124p.
- Carneiro, C. D. R. (2012). As esferas terrestres se reciclam: o Ciclo das Rochas. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 16-23. (Cap. 1). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Carneiro, C. D. R. (2018). Os “Fundamentos geológicos do relevo paulista” nos dias atuais. São Paulo: *Revista do Instituto Geológico*, 39(3), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v39i3.599>.
- Carneiro, C. D. R., & Almeida, F. F. M. de (1996). O Sertão Já Virou Mar. *Ciência Hoje*, 21(122), 40-50. Setembro 1996.
- Carneiro, C. D. R., & Costa F. G. D. da. (2006). Estruturas atectônicas da Bacia do Paraná em Campinas (SP): deformação sin-sedimentar no Subgrupo Itararé. *Terræ Didática*, 2(1):34-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/td.v2i1.8637464>.
- Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, Gonçalves, P. W., Uhlein, A., & Noce, C. M. (2012). Um olhar geológico... para o tempo profundo. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 24-31. (Cap. 2). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- 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. (Ed.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 400p. (neste volume) (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1).
- Carneiro, C. D. R., Gondek, T. P., Ferreira, R., Polly, D., Fontolan, L. S. B., Oliveira, M., & Noritomi, P. (2022). *Aplicação de maquetes físicas tridimensionais da Bacia do Paraná no Ensino de Geociências*. In: congr. Bras. Geol. Eng. e Ambiental, 17, Belo Horizonte, 2022. *Anais CD-ROM...*, Belo Horizonte, ABGE. (5º Simpósio de Educação e Ensino, 5º SEGEA). URL: [https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1\\_137.pdf](https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1_137.pdf). Acesso 10.07.2023.
- Carneiro, C. D. R., Melo, M. S. de, Vitte, A. C. (2010). Evolução geológica neocenoica da Depressão Periférica no centro-leste do Estado de São Paulo: inflexões do pensamento geomorfológico. In: Modenesi-Gauttieri, M.C., Bartorelli, A., Mantesso Neto, V., Carneiro, C. D. R., Lisboa, M. A. orgs. 2010. *A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber*. São Paulo: Ed. Beca. p. 353-371. (ISBN 97885-62768-05-7).
- Carneiro, C. D. R., Mizusaki, A. M. P. & Almeida, F. F. M. de. (2005). A determinação da idade das rochas. *Terræ Didática*, 1(1), 6-35. DOI:

- <https://doi.org/10.20396/td.v1i1.8637442>.
- Christofoletti, B., Peixoto, B. C. P. M., Warren, L. V., Inglez, L., Fernandes, M. A., Alessandretti, L., Perinotto, J. A. J., Simões, M. G., & Assine, M. L. (2021). Dinos among the dunes: Dinoturbation in the Pirambóia Formation (Paraná Basin), São Paulo State and comments on cross-section tracks. *Journal of South American Earth Sciences*, 109(August 2021), 103252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103252>.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J. -X. (2013, updated). The ICS International Chronostratigraphic Chart, v2020/01. *Episodes*, 36, 199-204. URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2020-01.pdf>.
- Davis, W. M. (1905). The geographical cycle in an arid climate. *The Journal of Geology*, XIII(5), 381-402. URL: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/621241>. Acesso 15.07.2023.
- Dias, K. L. N., & Scherer, C. M. S. (2008). Cross-bedding set thickness and stratigraphic architecture of aeolian systems: An example from the Upper Permian Pirambóia Formation (Paraná Basin), southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 25, 405-415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2007.07.008>.
- Dragone, G. N. (2018). *A litosfera das Bacias do Chaco-Paraná e Paraná integrando gravimetria e sondagens magnetotélúricas: novos vínculos à tectônica do Gondwana Sul-Occidental*. São Paulo: Universidade de São Paulo. 197p. (Tese Dout.).
- Faustinoni, J. M., & Carneiro, C. D. R. (2015). Movimentos da crosta e relações entre Tectônica e dinâmica atmosférica. *Terræ Didactica*, 11(3), 173-181. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v11i3.8643645>.
- Frodeman, R. L. (1995). Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 107(8), 960-968. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1995\)107<0960:GRGAAI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1995)107<0960:GRGAAI>2.3.CO;2).
- Frodeman, R. L. (2010). O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. Trad. L. M. Fantinel & E. V. D. Santos. *Terræ Didactica*, 6(2), 85-99. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v6i2.8637460>.
- Fúlfaro, V. J., & Suguio, K. (1974). *O Cenozóico paulista: gênese e idade*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre, SBG. v. 3, p. 91-101.
- Gandini, R. (s.d.). *Escala do tempo geológico*. InfoEscola. URL: <https://www.infoescola.com/geologia/escala-do-tempo-geologico/>. Acesso 15.07.2023.
- Geikie, "Sir" A. (1905). *The founders of Geology*. 2 ed. New York: Dover Publ., Inc. [Full text of "The founders of geology" URL: [https://archive.org/stream/foundgeology00geikrich/foundgeology00geikrich\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/foundgeology00geikrich/foundgeology00geikrich_djvu.txt)].
- Geikie, "Sir" A. (1962). *The founders of Geology*. New York: Dover Publ. 486p. (republication of the original 1905 2<sup>nd</sup> ed. of the work originally publ. by MacMillan & Co. in 1897).

- Gould, S. J. (1991). *Seta do tempo, ciclo do tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico*. Trad. Malferrari, C. A. São Paulo: Companhia das Letras. 221p.
- Hasui, Y. (2012a). Evolução dos continentes. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 98-109. (Cap. 6). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Hasui, Y. (2012b). Tectônica de Placas. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 66-97. (Cap. 5). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Hutton, J. (1788). Theory of the Earth, or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of the land upon the globe. *Transactions of Royal Society of Edinburgh*, v. 1, part 2, p. 209-304. (Facsimile edited by George W. White (1973). *Contributions to the history of Geology*. New York, Hafner Press, v. 5).
- Hutton, J. (1795). *Theory of the earth, with proofs and illustrations*. Edinburgh: Cadell and Davies. 2v.
- Lupinacci, C. M., & Souza, T. A. (2019). O relevo de cuevas no Estado de São Paulo: estudo em busca do entendimento de sua dinâmica erosiva. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11-15.06.2019, Fortaleza. Anais, Fortaleza. 11p.
- Machado, J. L. F. (2005). *A verdadeira face do "Aqüífero Guarani": mitos e fatos*. In: Anais dos XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. São Paulo, *Águas Subterrâneas*, 2005(Supl.). 10p. URL: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23188/15299>. Acesso 15.07.2023.
- Machado, J. L. F. (2005). *Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aqüífero Guarani no Rio Grande do Sul*. São Leopoldo, RS. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). 238p. (Tese Dout.). URL: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/142>. Acesso 15.07.2023.
- 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. (Ed.) (2023). *Explorando a Terra na Educação Básica*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 400p. (neste volume) (Série Ciências da Terra na Educação Básica, v. 1).
- Martonne, E. de. (1943). Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. Rio de Janeiro, *Revista Brasileira de Geografia*, 1(4), 523-550.
- Milani, E. J. (1997). *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental*. Porto Alegre, Inst. Geoc., UFRGS, Tese Dout., 255p.
- Milani, E. J., França, A. B., & Schneider, R. L. (1994). Bacia do Paraná. *B. Geoc. Petrobras*, 8(1), 69-82.
- Milani, E. J., Melo, J. H. G. de, Souza, P. A., Fernandes L.A., & França, A. B. (2007). Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), 265-287.
- Milani, E. J., & Ramos, V. A. (1998). Orogenias paleozóicas no domínio

- sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(4), 527-544. URL: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11243>.
- Modenesi-Gauttieri, M. C., Bartorelli, A., Mantesso Neto, V., Carneiro, C. D. R., & Lisboa, M. A. (Orgs.) (2010). *A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber*. São Paulo: Ed. Beca. 588p. (ISBN 97885-62768-05-7).
- Nardy, A. J. R., Machado, F. B., & Oliveira, M. A. F. de (2008). As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. *Brazilian Journal of Geology*, 38(1), 178-195. URL: <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.2008381178195>.
- Northfleet, A. A., Medeiros, R. A., Mühlmann, H. (1969). Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *B. téc. Petrobrás*, 12(3), 291-346. Dez. 1969.
- Pereira, E., Carneiro, C. D. R., Bergamaschi, S., & Almeida, F. F. M. de. (2012). Evolução das sinéclises paleozóicas: Províncias Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 372-394. (Cap. 16a).
- Pesce, A. (2002). Thermal SPA's: An Economical Development Alternative along both sides of Uruguay River. *GHC Bulletin*. 7p.
- Pinto, M. L. & Vidotti, R. M. (2018). Tectonic framework of the Paraná basin unveiled from gravity and magnetic Data. *J. South Am. Earth Sci.*, 90, 216-232. URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-south-american-earth-sciences/vol/90/suppl/C>
- Pinto, M. L. (2019). *Arcabouço tectônico da Bacia do Paraná, uma nova abordagem com base em dados de métodos potenciais*. Brasília, Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica, IG-UnB. 107p. (Tese Dout.). URL: [https://repositorio.unb.br/bit-stream/10482/35343/1/2019\\_MarceloLimaPinto.pdf](https://repositorio.unb.br/bit-stream/10482/35343/1/2019_MarceloLimaPinto.pdf).
- Rebouças, A. C. (1976). *Recursos Hídricos da Bacia do Paraná*. São Paulo, SP. Tese de Livre-Docência. IG/USP. 143p. 2 mapas.
- Rebouças, A. C. (1994). *Sistema Aquífero Botucatu no Brasil*. In: VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. *Anais... ABAS*, Recife. p. 500-509.
- Reis, M. M. (2011). *Potencial hidromineral das águas hipertermais do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo*. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 116f. Dissertação (mestrado). URL: <http://hdl.handle.net/11449/92821>.
- Rosa F<sup>o</sup>, E. F., Hindi, E. C., Rostirolla, S. P., Ferreira, F. J. F., Bittencourt, A. V. L. (2003). Sistema Aquífero Guarani: Considerações Preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. Curitiba: ABAS, *Revista Águas Subterrâneas*, 17:91-111.
- Santos, M. M., Chang, M. R. C., & Kiang, C. H. (2012). Análise do balanço hídrico climatológico do Sistema Aquífero Guarani, em sua área de afloramentos no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Climatologia*, 10, 153-170. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30596>.

- Scherer, C. M. S. (2000). Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in Southernmost Brazil: morphology and origin. *Amsterdam, Sedimentary Geology*, 137, p. 63-84. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00135-4](http://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00135-4).
- Scherer, C. M. S. (2021). *Evolução Tectono-Estratigráfica da Sucessão Permo-Mesozoica da Bacia do Paraná*. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 50, Brasília, 2021. Brasília, SBG. (Palestra Temática).
- Schneider, R. L., Mullmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R. A., Daemon, R. S. F., & Nogueira, A. A. (1974). *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, *Anais...* 1, 41-66.
- Schobbenhaus, C., Campos, D. A., Derze, G. R., & Asmus, H. E. (Co-ords.) (1984). *Geologia do Brasil*. Brasília: Div. Geol. Miner., DNPM. 501p.
- Silva, A. J. P. da, Lopes, R. C., Vasconcelos, A. M., & Bahia, R. B. C. (2003). Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: Bizzi, L. A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R. M., Gonçalves, J. H. (Eds.) (2003). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). p. 55-85. (ISBN 85-230-0790-3)
- Silva, R. B. G. da (1983). *Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo*. São Paulo, SP. IG/USP (Tese Dout.). 133p. URL: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44131/tde-28082015-135247/en.php>. Acesso 16.10.2023.
- Soares, P. C. (1991). *Tectônica sinsedimentar cíclica na Bacia do Paraná – controles*. Curitiba, Brasil, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná. (Tese concurso professor Titular). 131p. URL: [https://www.academia.edu/download/56078618/Tect\\_sed\\_cicl\\_3.pdf](https://www.academia.edu/download/56078618/Tect_sed_cicl_3.pdf).
- Souza, A. A. de. (2004). *Caracterização da Bacia do Rio Iguçu, a jusante do município de Reserva do Iguçu, como área de descarga do Aquífero Guarani*. Curitiba, Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Universidade Federal do Paraná. URL: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/33711>. Dissertação (Mestrado).
- Trevisan, R. (2021). *O que é o raciocínio geográfico e como desenvolvê-lo com seus alunos*. A Nova Escola. URL: <https://novaescola.org.br/bncc/conteudo/79/o-que-e-o-raciocinio-geografico-e-como-desenvolve-lo-com-seus-alunos>. Acesso 27.06.2021.
- Unrug, P. (1996). The assembly of Gondwanaland. *Episodes*, 19, 11-20.
- Vieira, A. J. (1973). *Geologia do Centro e Nordeste do Paraná e Centro-Sul de São Paulo*. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracaju, 1973. *Anais...*, Aracaju, SBG. v. 3, p. 259-277.
- Waichel, B. L. Lima, E. F. de, Viana, A. R., Scherer, C. M. Bueno, G. V., & Dutra, G. (2012). Stratigraphy and volcanic facies architecture of the Torres Syncline, Southern Brazil, and its role in understanding the Paraná–Etendeka Continental Flood Basalt Province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 215-216, 74-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.12.004>.
- Zalán, P. V., Wolff, S., Conceição, J. C. J., Marques, A., Astolfi, M. A. M.,

Vieira, I. S., Appi, V. T., & Zanotto, O. A. (1991). Bacia do Paraná. In: Gabaglia, G. P. R., & Milani, E. J. (coords.) (1991). *Origem e evolução de bacias sedimentares*. 2 ed. Rio de Janeiro, Petróleo Brasileiro S.A. p. 135-168.

# Os paleodesertos Botucatu e Pirambóia<sup>1</sup> e a origem do Sistema Aquífero Guarani

Celso Dal Ré Carneiro

Isabella Nogueira Bittar de Castilho-Barbosa

Giorgio Basilici

O crescimento populacional e a voraz ocupação humana dos espaços disponíveis tornam cada vez mais crítico garantir a disponibilidade de água. Se o ciclo hidrológico renova continuamente a água circulante, formada pela chuva, pelos rios e pelos lagos, como se explica que as reservas do precioso líquido estejam se tornando escassas? A situação de crise é causada sobretudo por: (a) aumento da demanda usual; (b) surgimento de novos setores que demandam água; (c) perdas importantes em sistemas de abastecimento ineficazes; (d) comprometimento de reservas devido à contaminação. Em princípio, a quantidade de água doce disponível não diminuiu, pelo menos da parcela disponível para consumo humano.

Na Educação Básica os professores são desafiados a tratar didaticamente uma série de conceitos sobre o ciclo da água na natureza e a desigual distribuição das reservas hídricas. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que afastou mais ainda os conteúdos das Ciências da Terra do currículo escolar, pode ter agravado o quadro, até mesmo por ser pequena a quantidade de obras didáticas disponíveis. Raramente os temas geológicos despertam a atenção do mercado editorial. Acrescenta-se, ainda, no caso da água subterrânea, um cenário de conhecimento deficiente do potencial hídrico dos aquíferos brasileiros, quanto ao estágio de exploração e à qualidade das águas: “os estudos regionais são poucos e encontram-se defasados”. Dentre os estudos de qualidade

---

1 Nota do Editor: A palavra “piramboia” perdeu o acento, com o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa (URL: [http://www.academia.org.br/sites/default/files/conteudo/o\\_acordo\\_ortogr\\_fico\\_da\\_lngua\\_portuguesa\\_anexo\\_i\\_e\\_ii.pdf](http://www.academia.org.br/sites/default/files/conteudo/o_acordo_ortogr_fico_da_lngua_portuguesa_anexo_i_e_ii.pdf)). Entretanto, a norma admite exceção na grafia de nomes próprios, que podem manter acentuação. Decidiu-se manter o acento em Pirambóia, em referência à localidade-tipo onde a unidade foi definida, conforme citado em trabalhos publicados após o Acordo (exemplos: Dias & Scherer, 2008, Christofoletti et al., 2021, Scherer, 2021).

da água subterrânea mais recentemente publicados, a maior parte tem caráter localizado (ANA, 2005, p.2).

A noção popular de que as águas subterrâneas possam completar a água que falta soma-se à ideia de que elas “corram” embaixo da superfície da Terra tal como nos rios: bastará localizá-los!... Quanto mais arraigada, mais difícil mudar uma ideia: são **mitos** resultantes da dificuldade de se entender algo que não podemos “ver” (Carneiro et al., 2008). A confusão nasce na escola; alguns professores sugerem que as massas de água de superfície nada têm a ver (ou quase nada...) com suas equivalentes do subsolo; livros escolares mostram figuras de lagos e rios abaixo do chão.

A América do Sul possui importantes reservatórios de águas subterrâneas, que representam uma alternativa relevante para combater a escassez; um deles, o *Sistema Aquífero Guarani* (SAG), estende-se pelos territórios do Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai, hospedado em camadas sedimentares da Bacia do Paraná, depositadas no Mesozoico. Este Capítulo sintetiza informações e conceitos sobre o Sistema Aquífero Guarani com ênfase em sua origem, diretamente relacionada à história geológica da Bacia do Paraná (ver Carneiro & Almeida, 2023, neste volume), cujas rochas hospedam o SAG. O fenômeno da *Mega-desertificação Mesozoica*, reconhecido por Almeida et al. (2012), explica a origem e a distribuição dos paleodesertos mesozoicos no Continente Sul-Americano (Assine, Piranha & Carneiro, 2004). O Capítulo descreve ainda o padrão mundial de circulação atmosférica e o ciclo da água, dentro de um enfoque sistêmico e geoambiental. Esses são os mecanismos responsáveis pela distribuição das grandes áreas desérticas do globo terrestre. Com base na ideia de que “o presente é a chave do passado”, formulada originalmente em 1897 por “Sir” Archibald Geikie (1905, 1962), a abordagem dos fatores que controlam os desertos atuais ajuda a explicar a distribuição dos desertos mesozoicos. A evolução do relevo moderno e as mudanças climáticas ocorridas ao longo do Cenozoico ajudam a entender como se formaram as reservas de água doce contidas no SAG. Um material didático é fornecido ao final, procurando subsidiar o trabalho docente.

## **Padrão mundial de circulação atmosférica**

Os **ventos** sopram das regiões de maior para as de menor pressão. Assim, devido à expansão dos gases, em lugares onde a temperatura

superficial é maior, a pressão do ar será menor. As massas de ar atmosférico apresentam maior pressão nas regiões onde a temperatura é menor.

O primeiro cientista que associou os ventos com a distribuição de energia na Terra foi Edmund Halley (1656-1742), mais conhecido como o astrônomo descobridor do cometa que leva o seu nome. Ele propôs que os ventos alísios substituíam continuamente o ar da faixa equatorial, que se elevaria por estar mais aquecido. Halley já admitia que o ar se movimentasse por convecção, mas não conseguiu explicar por que os ventos alísios sopravam de nordeste ao invés de norte e de sudeste ao invés de sul. Posteriormente descobriu-se que o ar em movimento era desviado pelo movimento de rotação, o que causava a obliquidade dos ventos alísios em relação ao Equador.

A circulação atmosférica é impulsionada pelo movimento de rotação e pela energia que a Terra recebe do Sol. A *Zona de Convergência Intertropical (ZCI)* é onde os ventos alísios se encontram. Os marinheiros a chamavam de *doldrums* (zona das calmarias), porque o ar permanece calmo ali durante dias sucessivos, por ser a região onde as massas de ar se elevam. Nos oceanos a zona se desloca, ao longo das estações do ano, alguns graus de latitude para norte ou para sul do Equador. Nos continentes o deslocamento é mais significativo porque o gradiente de temperatura também é maior em relação aos oceanos. Quando o ar quente se eleva no Equador, começa a se dirigir para os polos a uma grande altitude na troposfera. Enquanto isso acontece, o ar é desviado pelo movimento de rotação da Terra. Além disso, perde energia para o espaço, resfriando-se e tornando-se mais denso. O desvio e o aumento de densidade provocam sua “descida” até a superfície nas latitudes médias, entre 20° e 30°. Uma parte do ar descendente volta para o Equador, originando os ventos alísios. Outra parte continua em direção ao polo, mas é desviada e transforma-se nos ventos de oeste das latitudes médias. Além dos movimentos do ar, as correntes oceânicas também transferem energia das regiões equatoriais para as regiões polares. Se observarmos atentamente um mapa-múndi com a distribuição dos desertos atuais (Fig. 1), veremos que estes se concentram precisamente nas latitudes médias, que são zonas de divergência de massas de ar.

Na Terra, as regiões situadas em latitudes médias (aproximadamente a 30° de latitude, em cada hemisfério) apresentam déficit de umidade (climas secos). São zonas em que os padrões de movimentação dos ventos são divergentes, carregando a umidade dali para o equador ou

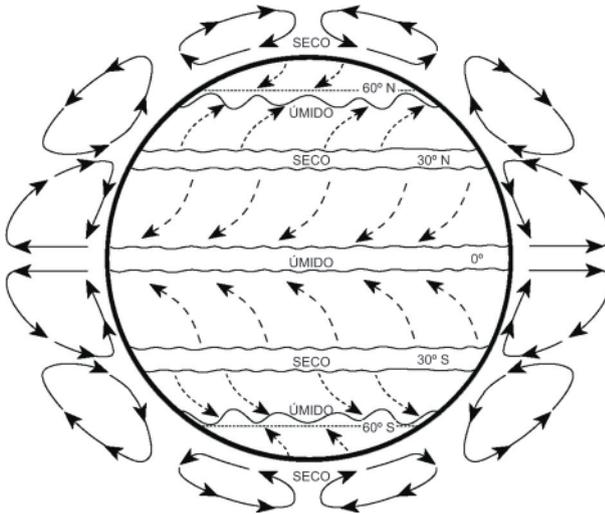


Figura 1. Modelo de circulação atmosférica global. Modif. de Miller (2020)

rumo aos polos. As **células** laterais (Fig. 1) são representações em perfil, com grande exagero, dos padrões de deslocamento das massas de ar na atmosfera. As três células de circulação primárias são conhecidas como Célula de Hadley, Célula de Ferrel e Célula Polar. No desenho da Figura 1, a linha do equador serve como um tipo de “espelho” que divide a Terra em dois hemisférios, cada qual com seu conjunto de células de circulação primárias. A convergência de massas de ar quente carregadas de umidade na região do equador dá origem a climas úmidos. De modo análogo, em latitudes próximas de 60°, nos dois hemisférios, a convergência de massas de ar dá origem às **frentes frias**, que promovem maior precipitação (são também climas úmidos, embora temperados a frios).

Na maior parte do ano há pouca ou baixíssima radiação solar nas regiões polares, onde o ar resfria e desce. O ar descendente também é desviado pela rotação, formando o cinturão de ventos polares de leste. Os ventos polares de leste e os ventos de oeste das latitudes médias não são estáveis como os alísios, que sopram diariamente no mesmo sentido. As latitudes médias, onde o ar quente subtropical dos ventos de oeste é empurrado diretamente contra o ar frio originário das regiões polares, constituem a zona mais turbulenta da Terra. As interfaces entre as massas de ar originam as chamadas frentes polares. Uma **frente** é a interface entre duas grandes massas de ar de densidades diferentes, forçada a se mover, quer no sentido do equador, quer no sentido dos polos.

## Como se formaram os desertos atuais?

Os climas desérticos modernos são condicionados pela conjugação de alguns fatores (Almeida et al., 2012) que são, basicamente:

1. **Padrões latitudinais** de circulação atmosférica: definem zonas de baixa pluviosidade, situadas aproximadamente nas latitudes médias (Fig. 2). A Figura 2 indica que no interior dos oceanos também pode haver zonas de clima árido ou semiárido. Portanto, se houvesse ali massas continentais, “elas estariam também submetidas a condições severas de calor e deficiência de umidade” (Almeida et al., 2012).
2. **Continentalidade**: as porções do interior continental mais afastadas da costa são áreas onde há variações mais intensas de temperatura ao longo do ano. O fator continentalidade, associado a taxas de evapotranspiração baixas, favorece a formação de zonas desérticas.
3. **Barreiras montanhosas**, cuja influência origina zonas de sombra pluvial, com o conseqüente déficit de umidade.
4. Padrões mundiais de **correntes oceânicas**, capazes de intensificar as condições áridas. Na costa oeste da América do Sul, por exemplo, correntes frias provenientes do continente antártico expandem a área de incidência de condições desérticas da zona de sombra pluvial vizinha ao Deserto de Atacama (Fig. 2).

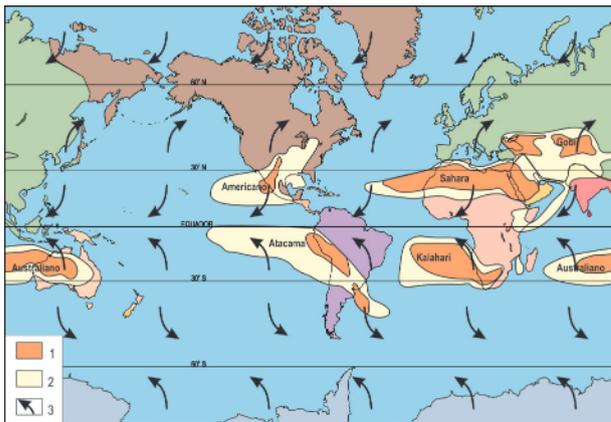


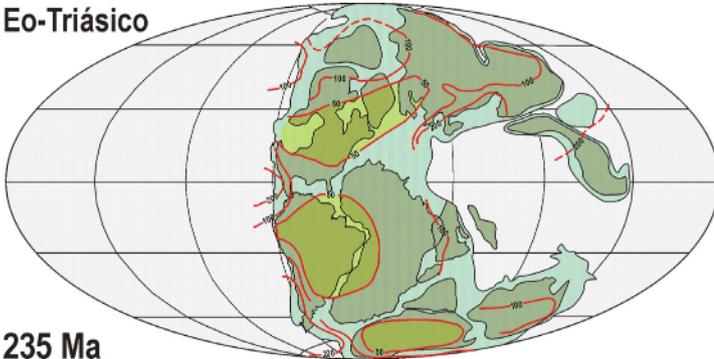
Figura 2. As regiões de déficit de umidade (climas secos) no globo distribuem-se pelas zonas subtropicais de alta pressão, onde os padrões de movimentação dos ventos são divergentes. Convenções: (1) clima árido; (2) clima semiárido, (3) padrão geral de movimentação dos ventos de superfície. Modif. de Almeida, Assine & Carneiro (2012)

## Megadesertificação Mesozoica

Almeida et al. (2012) reconheceram a vasta extensão dos desertos mesozoicos em grande parte do supercontinente Gondwana, tendo designado o fenômeno como “Megadesertificação Mesozoica”. Após o recuo do oceano permiano, condições continentais passaram a predominar em Gondwana; ao longo do Triássico e durante todo o Jurássico até o Eocretáceo, a progressiva aridez climática transformou um ambiente fluvial de rios efêmeros em ambientes desérticos onde predominaram campos de dunas.

As etapas de subsidência da Bacia do Paraná envolveram quatro “pulsos” duradouros, ao longo do tempo; a interrupção ou inversão dos movimentos criou prolongados hiatos no registro (Ver Carneiro & Almeida, 2023, neste volume). As unidades representativas das primeiras invasões marinhas, do Siluriano e do Eodevoniano, são separadas entre si por um hiato erosivo. No Neocarbonífero a bacia esteve submetida a condições de clima glacial-continental (Almeida & Barbosa, 1949); no Eopermiano voltaram a ocorrer ambientes marinhos, que deram lugar a ambientes fluviais e lacustres desde o Neotriássico e, por várias vezes, desérticos e vulcânicos, do Neojurássico ao Eocretáceo. As rochas jurássicas da Formação Pirambóia fazem parte da supersequência Gondwana II (Ver Carneiro & Almeida, 2023, neste volume), que registra a quarta fase evolutiva da bacia, dominada por baixa precipitação (Fig. 3). As camadas correspondem a depósitos de dunas e lençóis de areia, intercalados com unidades faciológicas típicas de depósitos interdunas, como lamitos e argilitos arenosos.

### Eo-Triássico



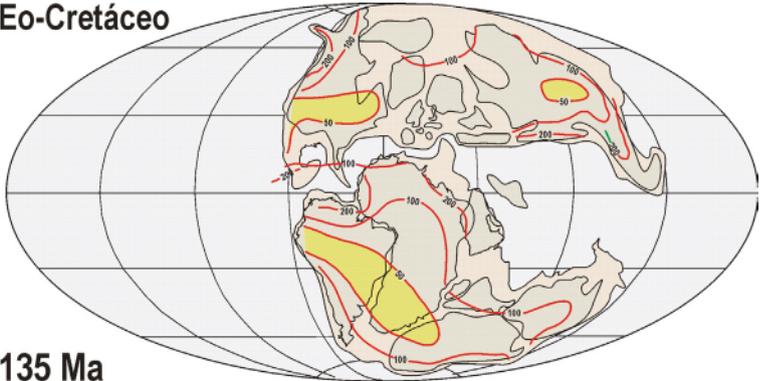
**235 Ma**

Figura 3. Padrões de precipitação atmosférica do contexto paleogeográfico e paleoclimático de Pangea, no início do desenvolvimento de megadesertos, no Mesotriássico. Modif. de Parrish et al. (1982) e Almeida, Assine & Carneiro (2012)

As condições paleoambientais na sequência superior da unidade indicam que grandes corpos de dunas marcam a passagem para o domínio eólico pleno associado à Formação Botucatu (Assine et al., 2004), que compõe a supersequência Gondwana III, igualmente depositada sob condições de baixa precipitação (Fig. 4). A Formação Botucatu é composta por arenitos de granulação média e subordinadamente arenitos grossos, associados a arenitos conglomeráticos. As condições paleoambientais que proporcionaram o desenvolvimento de campos de dunas e outras feições de relevo desértico foram descritas por Almeida et al. (2012) da seguinte forma:

No Brasil são quase ausentes sedimentos de idade jurássica inferior e média. Devido ao possível efeito de anomalia térmica do manto sublitosférico, o país achava-se em soerguimento epirogênico, sujeito a processos de erosão, salvo no interior de bacias de deposição desértica e subdesértica. Os produtos das várias formas de erosão nos desertos, quando não dispersados pelo vento para regiões distantes, foram levados pelos rios de fluxo efêmero (denominados wadis) para o interior de bacias desérticas, grandes e pequenas, onde se acumularam em dunas, leques aluviais no sopé dos morros periféricos (conhecidos como djebels) e depósitos de origem aquosa de lagos e leitos secos de wadis nas áreas de interdunas. Tal é a origem do paleodeserto Sambaíba, no nordeste do Brasil, e do grande paleodeserto neojurássico/eocretáceo Botucatu, no sul do Brasil e em países vizinhos, e sua extensão ao sul da África (Almeida et al., 2012, p.421).

## Eo-Cretáceo



135 Ma

Figura 4. Padrões de precipitação atmosférica do contexto paleogeográfico e paleoclimático dos blocos continentais formados com a ruptura de Pangea durante o Neojurássico-eocretáceo. Modif. de Parrish et al. (1982) e Almeida, Assine & Carneiro (2012)

O intenso magmatismo que marcou o fim das condições de estabilidade da plataforma associou-se à movimentação e ao deslocamento de placas tectônicas que deram início ao fenômeno da Ativação Tectônica. Nessa etapa notável da evolução geológica, o magma irrompeu na superfície diversas vezes, chegando a acumular mais de 1.500 m de derrames sucessivos; vários deles se intercalaram com os arenitos intertrapeanos, que ficaram “presos” em “armadilhas”. O contato entre as formações Botucatu e Serra Geral é concordante, na base do primeiro derrame vulcânico, com recorrência de arenitos nas camadas inferiores dos basaltos da Serra Geral. Embora não dispusesse de datações, Almeida salientara a dificuldade de se determinar a idade, que admitiu ser triássica, das formações Pirambóia e Botucatu. Diversos estudos fornecem datações das rochas vulcânicas, como as idades entre 131 e 133 Ma divulgadas por Renne et al. (1992) e entre 127 e 137 Ma, por Turner et al. (1994).

### Arenitos Pirambóia e Botucatu

A distribuição regional da Formação Botucatu (Fig. 5) é mais ampla que a da Formação Pirambóia (Fig. 6), cujas rochas são encontradas somente na parte setentrional da Bacia do Paraná. As formações Pirambóia e Botucatu compõem sistemas desérticos individualizados e distintos, “separados por discordância regional marcada por mudança brusca sobretudo na coloração e nas dimensões dos estratos cruzados” (Assine,



Figura 5. Corte de rodovia com camadas de arenitos da Formação Botucatu portadores de estratificação cruzada, que se horizontalizam suavemente rumo à parte direita da imagem, revelando o perfil original de grandes dunas. Rodovia BR-101, Dom Pedro de Alcântara, RS. Imagem C. D. R. Carneiro



Figura 6. Corte de rodovia com camadas de arenitos da Formação Pirambóia portadores de estratificação cruzada, que marcam o traçado original de grandes dunas, interrompidas na sucessão vertical por camadas horizontais. Rodovia SP-304, proximidades de Águas de São Pedro, SP. Imagem C. D. R. Carneiro

Piranha, & Carneiro, 2004). Ambas se formaram sob as condições de aridez que prevaleceram em Gondwana na etapa de Megadesertificação Mesozoica (Figs. 3, 4 e 7).

Uma discordância regional registra a base da Formação Botucatu. A determinação da idade da Formação Pirambóia é dificultada pela escassez de fósseis (Assine, Piranha, & Carneiro, 2004) ou minerais passíveis de serem datados por métodos radiométricos (ver Carneiro et al., 2005). A literatura especializada oferece interpretações conflitantes, conforme referido por Carneiro & Almeida (2023, neste volume). Milani & Ramos (1998) e Milani et al. (2007) admitem a possibilidade de haver interdigitação lateral da Formação Pirambóia com o Grupo Passa Dois, cuja idade é permiana; portanto, segundo tal interpretação, a unidade seria permiana. Modernamente, contudo, foram descritas pegadas de tetrápodes nas camadas Pirambóia (Christofolletti et al., 2021), uma evidência decisiva para situar a unidade no Jurássico (Scherer, 2021).

A Figura 7, baseada em Scherer (2000), delimita áreas onde as camadas da Formação Botucatu afloram em superfície. O mapa também indica curvas de isópacas dos arenitos, que são linhas que representam cartograficamente os pontos onde o corpo geológico possui a mesma espessura real, em metros.

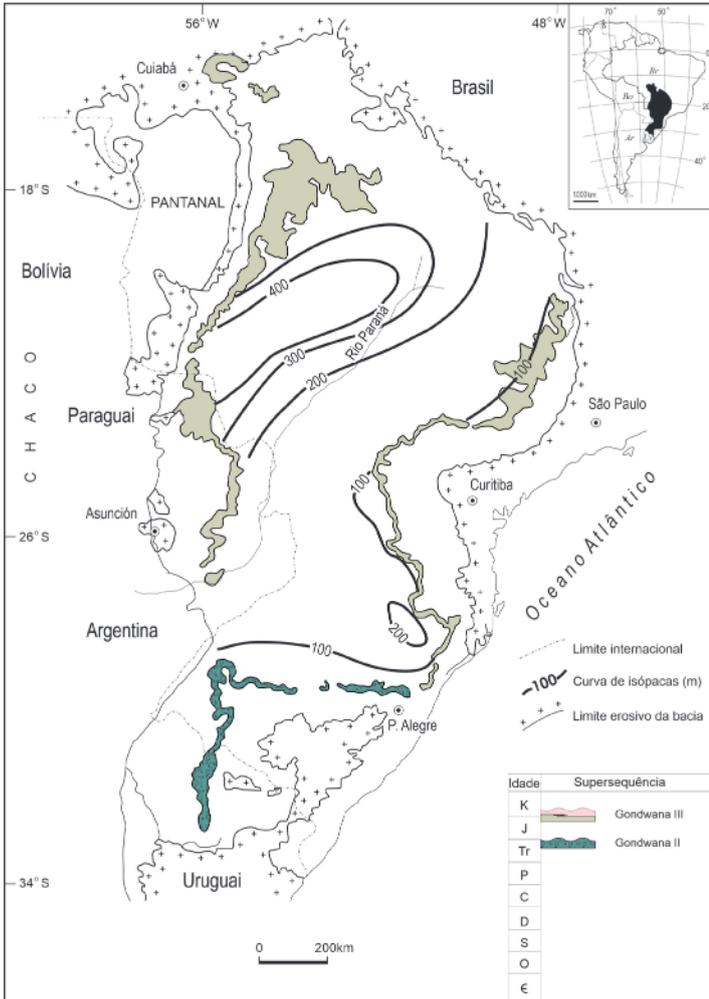


Figura 7. Áreas de afloramento das camadas da Formação Botucatu e curvas de isópacas dos arenitos. Modif. de Scherer (2000)

## Vulcanismo Serra Geral

Entre o final do Jurássico e o Eocretáceo, intensa atividade vulcânica movimentou largas áreas da Bacia do Paraná, tendo produzido os sucessivos derrames de lavas basálticas que integram a Formação Serra Geral (Fig. 8). Datações radiométricas indicam que o evento ocorreu



Figura 8. Reconstrução artística do ambiente mesozoico dominado por campos de dunas que foram recobertos pelos derrames de basaltos da Formação Serra Geral. A compactação dos arenitos deu origem às rochas da Formação Botucatu. Imagem gentilmente cedida pelo autor, Wladimir Parrilo

entre 137 e 127 Ma. Em diversas partes da bacia encontram-se diques máficos e soleiras que constituíram condutos para que o magma atingisse a superfície na época.

A espessura individual dos derrames da Formação Serra Geral é muito variável, sendo frequente a intercalação com arenitos da Formação Botucatu, o que caracteriza a denominação Grupo São Bento para toda a unidade (Almeida & Melo, 1981). A expressão “arenitos intertrapeanos interdigitados com basaltos” foi inspirada na observação de derrames que se intercalaram com camadas de arenitos Botucatu, que são aprisionadas em “armadilhas” (*traps*) de lavas.

## Sistema Aquífero Guarani

Um surto exploratório do Sistema Aquífero Guarani (SAG) acontece desde os anos 1970, em especial no Estado de São Paulo e na porção brasileira da bacia. Existem na atualidade mais de 2.000 poços abertos (Fig. 9), em profundidades entre 100 e 300 m nas bordas da bacia, e algumas centenas de poços em áreas mais profundas, entre 500 e 1.500 m (Rocha, 1997). A falta de políticas governamentais e a possível exploração desordenada dos reservatórios permitem prever problemas localizados de superexploração ou de contaminação a partir das bordas da bacia em áreas urbanizadas.

Na maior parte da Bacia do Paraná, as rochas hospedeiras do SAG se situam em profundidades variáveis, mas afloram à superfície em

áreas relativamente contínuas, tanto na borda leste como na borda oeste da bacia. O Sistema Aquífero Guarani é classificado na importante categoria dos **aquíferos porosos**, que armazenam grande volume de água e ocupam grandes áreas em bacias sedimentares. Ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos decompostos in situ. O SAG possui alto grau de isotropia, uma propriedade especial que se deve à distribuição homogênea da porosidade. Além da porosidade, a alta permeabilidade permite fluxo de água em qualquer direção, em função das diferenças locais de pressão hidrostática.

A maior parte da água extraída garante o abastecimento público de centenas de cidades de médio e grande portes, que utilizam poços de profundidade variada. Rocha (1997) assinala que o volume de água aproveitável é da ordem de 40 km<sup>3</sup>/ano, 30 vezes superior à demanda por água de toda a população existente em sua área de ocorrência, cerca de 15 milhões de habitantes. O recurso hídrico é utilizável para todos os fins em grande parte da área e apresenta em geral excelente qualidade.

Machado (2005), em contraponto, indica serem descontínuas as unidades hidroestratigráficas agrupadas pelo SAG, além de divididas em compartimentos que não necessariamente possuem conexão hidráulica. O autor conclui que o SAG possui extensas áreas com águas de péssima qualidade, que variam de salobras a salgadas (ver item “Contaminação das águas subterrâneas”), e não preenche as características típicas de um aquífero com fluxo transfronteiriço. Para solucionar o impasse, ou escolher a melhor alternativa que represente o real arranjo espacial do SAG, é preciso conhecer pormenorizadamente a geometria e a origem das camadas que os hospedam.

## **Desafios do suprimento de água potável**

Grandes regiões do planeta enfrentam problemas de abastecimento de água potável; cerca de 1/4 dos países do mundo não possui suprimento seguro, o que causa inúmeros conflitos. Muitas vezes, resíduos industriais, domésticos e agrícolas são lançados sem controle nas águas correntes e comprometem as reservas disponíveis. Assim, o conhecimento de assuntos ligados a recursos hídricos é importante para utilização racional e, também, para proteção deste que é, talvez, para os seres humanos, “o mais importante recurso natural” (Carneiro et al. 2008). O Brasil possui uma das maiores redes hidrográficas do planeta, mas a falta de água é sentida

em vários lugares, destacando-se a seca nordestina. A complexa cidade de São Paulo convive periodicamente com o racionamento ou a simples falta d'água, tendo sido cogitada a transposição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani para suprir a demanda.

No século XX, a demanda aumentou duas vezes mais que o incremento populacional (FAO-UN, 2017); sabemos que o consumo per capita de água aumenta geometricamente com a melhoria da renda da sociedade. A demanda pelo recurso associa-se ainda ao crescimento da produção agrícola, que pode consumir cerca de 70% da água doce total produzida por ano. A irrigação melhorou o rendimento das culturas, associada à introdução de espécies de alto rendimento e ao emprego de fertilizantes e agrotóxicos. As consequências desse quadro de escassez são: (a) prejuízos ao desenvolvimento econômico dos países; (b) aumento do custo econômico (valor) do recurso diante das ameaças de escassez e (c) conflitos em potencial, como disputas comerciais e guerras. A necessidade pressiona as águas subterrâneas, cujo aproveitamento, desde tempos remotos, acompanha a própria evolução da humanidade. Em paralelo à intensificação do uso para abastecimento, expande-se em todo o mundo o conhecimento científico e tecnológico de Hidrogeologia, comparativamente maior que em qualquer outra área da Hidrologia, com implicações que se estendem à legislação e ao campo do Direito Ambiental.

A preocupação crescente quanto ao uso sustentável da água a longo prazo resulta da disparidade existente entre a qualidade e a disponibilidade de água nas diferentes regiões da Terra (FAO-UN, 2017). A abundância de água em uma dada região resulta da interação entre clima e fisiografia local, o que torna muito heterogênea a distribuição de água doce no mundo, com áreas de abundância e outras com rígida escassez. Somente na bacia do Amazonas fluem 16% da água doce do planeta. Na América do Sul e Ásia encontram-se as maiores parcelas de terras úmidas, enquanto os desertos mais extensos encontram-se no norte da África e centro da Ásia. A desigualdade não se revela apenas na distribuição geográfica global, mas é também sazonal: em certas épocas do ano algumas regiões podem conviver com grandes enchentes, alternadas com períodos de seca. As diferenças naturais de comportamento dos processos controlam também o tempo de residência da água na superfície terrestre.

Para localizar reservas de água no subsolo, são necessários muitos estudos geológicos e mapeamentos para escolher e localizar os melhores locais para perfuração (Fig. 9). O investimento é maior quanto mais profundo for o poço, ou mais complexas as condições de abertura e

manutenção. Poderemos derrubar facilmente os conceitos equivocados sobre movimentação da água se entendermos como se dá a interação das águas na natureza, a partir de uma simples... chuva.

## Água subterrânea

**Água subterrânea** é aquela que ocorre natural ou artificialmente na zona saturada do subsolo, ou, em um sentido mais amplo, é toda a água situada na crosta, abaixo da superfície do solo, passível de extração e utilização pelo homem. Alguns números revelam sua importância: sem considerar a água contida nas geleiras e sob forma de vapor na atmosfera, quase 98% do total de água doce disponível é água subterrânea (SGB/CPRM, 2017). Parte do volume total não é utilizável por situar-se a grandes profundidades ou apresentar elevado teor de sais.

## Ciclo hidrológico e água subterrânea

A água subterrânea existente no planeta participa diretamente do **ciclo hidrológico**, o padrão cíclico pelo qual a natureza faz circular as águas desde os oceanos para a atmosfera e daí para os continentes, de



Figura 9. Exemplo de bombeamento de água a partir de um aquífero.  
Foto CDR Carneiro

onde retorna, superficial e subterraneamente, aos oceanos. No solo e subsolo, o ciclo é governado pela ação da gravidade, dinâmica atmosférica, tipo e densidade da cobertura vegetal, distribuição de superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos), bem como por elementos e fatores climáticos, como a temperatura do ar, o padrão de ventos, a umidade relativa do ar e a insolação. Em uma dada latitude terrestre, os fatores controlam diretamente a circulação da água que evapora dos oceanos.

A água que desce da atmosfera, como chuva, neve ou granizo, é chamada **precipitação**; uma parte forma córregos, rios e lagos, até atingir o oceano; outra parte infiltra-se, dependendo do tipo de rocha existente, e pode ser armazenada no subsolo, onde também se movimenta. No solo há duas zonas interconectadas, separadas entre si pelo nível d'água; (a) a zona saturada, inferior, onde todos os espaços vazios estão preenchidos por água, (b) a zona insaturada, superior, que é praticamente seca. A superfície que as separa é o nível d'água ou *lençol freático*. Embora o termo lençol seja uma analogia com um limite espacialmente irregular, a expressão *limite superior da zona saturada* é o nome mais adequado. **Aquífero** é toda formação geológica portadora de água, capaz de permitir que quantidades significativas da água se movimentem no seu interior sob condições naturais. Formações porosas e permeáveis, como as areias e os arenitos, são exemplos de aquíferos. Como vimos acima, as altas porosidade e permeabilidade são feições características do SAG.

Um aquífero possui três dimensões: largura, comprimento e profundidade, que variam nas três dimensões do terreno. Água subterrânea é aquela que não foi retirada pelas plantas, tendo sido filtrada pelo solo e subsolo, onde preenche todos os espaços livres da zona saturada. **Infiltração** é o processo de entrada direta da água no solo, determinada pelas características físicas da camada superficial (Silva et al., 2003); a movimentação dentro do solo depende da quantidade de água envolvida e das diferenças de potencial dos diferentes pontos do perfil de solo (Silva et al., 2003). O processo depende da capacidade de infiltração potencial do solo, que é controlada por fatores como porosidade, cobertura vegetal, inclinação do terreno, tipo e intensidade de precipitação.

Sabemos que, por um lado, a baixa velocidade de movimentação das águas subterrâneas impede que o efeito da recarga pluvial dos aquíferos se manifeste rapidamente nas nascentes, mas, por outro lado, essa mesma lentidão garante a permanência do fluxo superficial durante os períodos de seca. Apenas uma parcela do volume de água precipitada em dada região percolará até atingir a zona saturada, compondo a recarga

ou a parcela renovável do aquífero. Uma parte da água infiltrada pode fluir lateralmente, a pequenas profundidades, pela zona não saturada, até alcançar os cursos d'água e dar origem a fontes ou surgências de água (Lacreu & Aljanati, 2004).

## **Características das águas subterrâneas**

A grande importância dos aquíferos decorre de sua capacidade de armazenar e fornecer água naturalmente potável. A limitada atividade biogeoquímica, junto com processos de filtração no subsolo, faz com que as águas subterrâneas apresentem boa qualidade. Convém lembrar que a água é um solvente muito ativo, ou seja, tem a propriedade de solubilizar substâncias orgânicas e inorgânicas existentes no meio percolado, graças aos fenômenos de intemperismo das rochas. Quanto maior o tempo de permanência das águas no subsolo, maior a capacidade de incorporar ânions e cátions das rochas e dos materiais acumulados no subsolo pela atividade humana. Assim, geralmente a água subterrânea não apresenta problemas de contaminação física ou biológica, mas é preciso diferenciar a contaminação “natural” da “artificial”. A contaminação natural pode estar relacionada às águas de baixa qualidade mencionadas acima para o SAG. A contaminação artificial resulta principalmente do lançamento inadequado de esgotos, lixo urbano e industriais, derramamento de petróleo, intrusão de água de qualidade inferior, infiltração de fluidos contendo defensivos agrícolas dissolvidos, entre outros. Quando ocorre contaminação, a correção do problema é muito difícil, podendo em vários casos ser irreversível.

O uso do conceito de rio subterrâneo em regiões onde eles não existem permite invocar a ideia intuitiva e incorreta da livre e rápida circulação da água. Essa consideração determina muitas consequências catastróficas para o manejo dos recursos hídricos subterrâneos, já que promove uma exploração quase ilimitada da água subterrânea, a partir da suposição de que a recuperação seja quase instantânea, tal como ocorreria se fosse bombeada a partir de um rio superficial (Lacreu & Aljanati, 2004, p.4).

Um aquífero geralmente ocupa áreas muito extensas; portanto, fontes, nascentes e poços são feições pontuais. A variabilidade sazonal e anual dos aquíferos é baixa, pois a água contida em profundidade fica preservada da evaporação direta. Ademais, a flutuação do nível de

água causada pelas oscilações climáticas é em geral limitada, devido às dimensões dos aquíferos. Esse fato possibilita que as reservas acumuladas sejam exploradas<sup>2</sup> durante períodos de seca. Quando um poço é aberto próximo a uma área de demanda, o consumidor pode bombear a água de que precisa. Assim, dependendo do grau e dos volumes requeridos, novos poços podem ser perfurados, desde que sejam tomadas medidas apropriadas para evitar excessos. A **superexploração** é um grave problema no gerenciamento da água subterrânea, porque pode desencadear processos físicos e químicos de salinização e compactação de aquíferos, que são capazes de transformar “a água subterrânea em um recurso não renovável, em escalas de tempo humanas” (Lacreu & Aljanati, 2004, p.6). Em alguns casos é preciso regularizar o fluxo de água subterrânea pela recarga artificial ou pelo ajuste da distribuição espacial e temporal do bombeamento.

## Contaminação de águas subterrâneas

A **contaminação** das águas subterrâneas pode acontecer caso as águas precipitadas atinjam zonas superficiais onde se acumularam contaminantes deixados por atividades humanas (caso mais comum), ou pela presença de quantidades anômalas de certos elementos químicos existentes nas rochas ou na natureza. Se as águas contaminadas atingirem os aquíferos e se movimentarem lateralmente, formam-se **plumas de contaminação**, cujo deslocamento no subsolo é relativamente lento. Contaminantes relacionados à atividade humana associam-se a atividades domésticas, agrícolas, industriais e de mineração. Neste caso dizemos que se trata de **contaminação artificial**.

No Estado de São Paulo, de modo geral, as águas subterrâneas são de excelente qualidade para consumo humano e animal. Análises de água com teor fora do padrão para algum componente refletem contaminação local decorrente de má construção do poço, ou ausência de proteção sanitária, não significando uma deterioração do aquífero. Em alguns casos, a água pode apresentar anomalias químicas, como teor excessivo de flúor ou dureza elevada, inviabilizando o uso para determinadas finalidades. Estudos mais recentes comprovam que a qualidade física e química dos principais aquíferos do estado ainda é excelente, mas em alguns poços foram encontrados indícios de contaminação por nitrato,

<sup>2</sup> O termo técnico *exploração* corresponde à extração de recursos naturais, em geral não renováveis, com a finalidade de obter algum benefício econômico.

romo total, coliformes totais e fecais, o que reforça a necessidade da realização de análises periódicas das águas subterrâneas, físico-químicas e bacteriológicas, principalmente se forem destinadas a consumo humano e se a água for captada de fontes muito próximas à superfície.

Nos aquíferos, devido a fatores como a lenta circulação das águas subterrâneas, capacidade de adsorção dos terrenos e pequeno tamanho dos canalículos, uma contaminação pode levar muito tempo até claramente se manifestar. Assim, os aquíferos são menos vulneráveis à poluição do que as águas superficiais, mas, quando há contaminação, a recuperação pode levar muitos anos ou séculos e até mesmo tornar-se economicamente inviável, dependendo do tipo de contaminante.

As formas mais usuais de contaminação das águas subterrâneas são:

- Deposição de resíduos sólidos na superfície do solo: as atividades industriais e municipais das grandes cidades produzem diariamente grandes quantidades de resíduos sólidos que são armazenadas em aterros ou simplesmente lançados na superfície do terreno.
- Lançamento de esgotos: os esgotos são lançados sobre ou abaixo da superfície do solo de várias maneiras. O uso generalizado de fossas sépticas e drenos não somente contribui para que o esgoto filtrado alcance a superfície do terreno, como constitui provavelmente uma das principais causas de contaminação da água subterrânea.
- Atividades agrícolas: o uso de fertilizantes e pesticidas nas atividades agrícolas é responsável pela degradação da qualidade da água subterrânea em muitas áreas de cultivo intenso.
- Derramamento e vazamento de petróleo: acidente que acontece com frequência no mundo, e que acaba provocando um grande problema ambiental devido à dificuldade de se remover o óleo que fica armazenado no local.

## Transposição de águas entre bacias hidrográficas

A água é um **direito** da população; os governos têm que garantir que nenhum cidadão fique à margem desse bem de interesse difuso (Gonçales et al., 2016). Os mecanismos de fiscalização, controle e atuação do poder público, quando são frágeis em relação a serviços tão essenciais, possibilitam que determinados lobbies, no afã de obter lucro e sem se incomodar por deixar “água arrasada”, atuem com desenvoltura no setor,

barrando qualquer atitude técnico-científica contrária aos interesses corporativos. Os exemplos são numerosos: incluem desde a abertura de poços clandestinos, impossibilitando qualquer ação de controle por parte do poder público, e a extração de volumes de água acima dos limites fixados nos respectivos termos de outorga. Essas atitudes violam os princípios geoéticos mais fundamentais. Tem sido muito falado que as águas subterrâneas seriam a saída para suprir o déficit de abastecimento populacional causado pelo comprometimento das águas superficiais, seja pela poluição ou pela pouca quantidade disponível. Entretanto, as águas subterrâneas não são uma solução única, como alguns lobbies preconizam, principalmente em época de crise. Elas fazem parte de um ciclo que pode e deve ser mais bem compreendido, respeitado e ser gerenciado de maneira ética e responsável (Vilar & Hirata, 2022). Despoluir, preservar e revitalizar nossos rios devem ser as primeiras preocupações. Águas subterrâneas são um recurso a ser buscado onde e quando nitidamente não houver outros.

## Material Didático

O professor de educação básica pode orientar seu trabalho pela perspectiva de que “aprender é mudar o conhecimento ou comportamento dos alunos de forma duradoura e funcional” (Pozo, 1996), apesar de que, em geral, não se atingem mudanças em grau tão alto como inicialmente se propõe. Com efeito, a aprendizagem de ciências exige um envolvimento ativo dos alunos para que “adquiram novas atitudes, novos procedimentos e novos conceitos” (Pozo, 2000, p.14). É, entretanto, muito comum que estes assumam uma atitude passiva, desinteressada e pouco reflexiva. Que tipo de esforço adicional pode despertar o interesse do aluno e sua curiosidade? Para que a aprendizagem seja efetiva, “não basta ler passivamente as palavras de uma página”. É preciso *pensar* nas palavras, “questionar ideias, interagir com o texto, envolver-se com o autor, manter conversas e CRIAR” (Diigo, 2021, destaque do original).

Quando se trata de abordagens históricas, como a desenvolvida neste Capítulo, cuja dimensão ultrapassa em muito o tempo da existência humana, a barreira se torna ainda maior. Talvez uma das principais dificuldades esteja na forma estante com que conceitos científicos são transmitidos. Convém apresentar a Ciência como um processo, jamais como um produto acabado, que nos permite distinguir e enveredar

por novos caminhos, na busca de respostas para perguntas que muitas vezes ainda não estão suficientemente claras na mente do pesquisador. Trata-se de construir modelos, testá-los e avaliar sua validade; caso sejam ineficazes, o pesquisador retomará seu trabalho sucessivas vezes, testando e aprimorando seus modelos, até que um deles se mostre mais satisfatório que os demais.

Os conceitos de que trata este Capítulo não são, de modo algum, triviais. Sugere-se que o professor mostre inicialmente os vários campos da Ciência envolvidos em cada descoberta. O passo seguinte seria indicar o valor inestimável das águas de excelente qualidade do SAG e explicar a origem singular dos reservatórios. É conveniente salientar que as pesquisas convergem no sentido da caracterização cada vez mais precisa desse reservatório, mas o conhecimento ainda é muito incompleto.

Selecionamos as fontes indicadas abaixo sobre: “Circulação atmosférica” e “Água subterrânea”, que ajudam a organizar um material didático sobre vários tópicos do Capítulo.

## Modelo global de Circulação Atmosférica

### Fontes:

Fundação Joaquim Nabuco. (2019). *Célula de Hadley*. Fundação Joaquim Nabuco. Atualizado em 19.11.2019. URL: <https://antigo.fundaj.gov.br/index.php/documentarios-e-estudos-sobre-as-secas/11349-celula-de-hadley>. Acesso 07.07.2023.

Richter, F. (2018). *Onde os desertos são formados e por quê? - Célula de Hadley, sombras de chuva e mais!* Canal Geologia da Terra. Atualizado em 14.12.2018. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GRQCQ8YsOmw>. Acesso 07.07.2023.

A internet oferece vídeos e animações que possibilitam visualizar, de maneira bastante clara, como se formam os grandes desertos do globo. É necessário relacionar diversos conceitos para formar uma visão de conjunto dos sistemas envolvidos: a variação dos padrões de circulação de ventos, da umidade (precipitação), da Zona de Convergência Intertropical (ZCI) e da pressão atmosférica, ao longo do ano, em diferentes latitudes. A explicação apresentada por Fabiana Richter (2018) ilustra as relações entre os padrões mundiais de circulação de massa de ar e da umidade, explicando pormenorizadamente, de que maneira se for-

maram os atuais desertos da Terra. A animação permite entender que as Células de Hadley determinam as mudanças do próprio traçado da ZCI ao longo do ano e as variações de intensidade da precipitação.

Outra excelente exposição encontra-se no vídeo *Global Atmospheric Circulation* <<https://www.youtube.com/watch?v=Ye45DGkqUkE>>, que conta com mais de 660 mil visualizações. A Figura 10 representa em perfil, com grande exagero vertical, as células globais que formam o padrão mundial de circulação atmosférica (ver Fundação Joaquim Nabuco, 2019). Embora seja uma imagem estática, é possível imaginar que, ao longo do ano, os limites das diferentes zonas alterem sua posição espacial, em função da insolação correspondente às estações do ano, conforme exposto no vídeo.

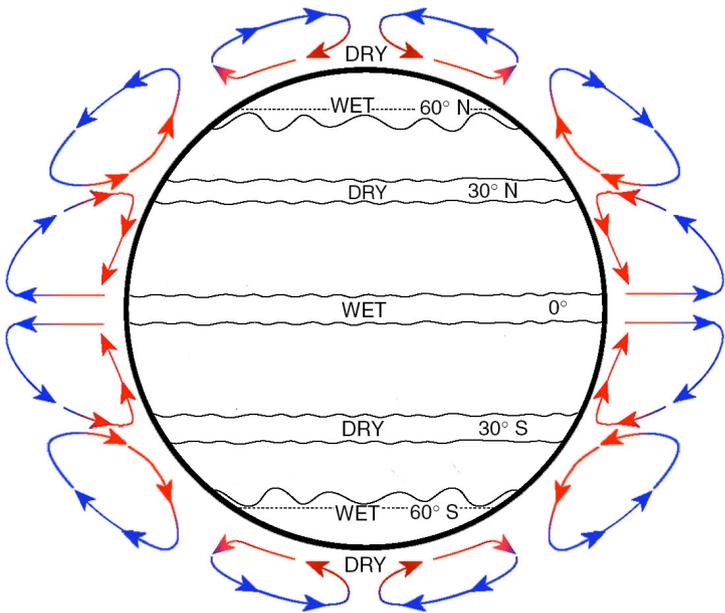


Figura 10. Ilustração das células globais que integram o padrão mundial de circulação atmosférica, obtida a partir do seguinte website URL: <http://www.discoverearthscience.com/regentses/units/weather/images/windsesrtcolorncoriolis.jpg>

Uma coleção mais completa de ilustrações pode ser obtida na seguinte URL:

<http://www.discoverearthscience.com/regentses/units/weather/ima->

ges/windsertrbasicimages.zip. As 23 imagens que compõem o arquivo zipado, denominadas windsertr1.jpg até windsertr23.jpg, possibilitam que o leitor construa gradativamente o conjunto de células que compõem as células de Hadley, de Ferrel e a Célula Polar. Comparando a ilustração 10 com as figuras 1 e 2, vamos estudar o comportamento global dos ventos e da umidade (precipitação) nas diferentes latitudes. Abaixo, formulamos algumas questões e pedimos que os estudantes procurem responder com base no texto-base e nos conceitos contidos no Capítulo.

Há três células de circulação primárias, conhecidas como Célula de Hadley, Célula de Ferrel e Célula Polar.

- Localize e **nomeie** as células citadas no texto-base nas Figuras 1 e 10.
- Trace um **esboço** aproximado da Zona de Convergência Intertropical na Figura 1.

A circulação de Hadley se origina pelo transporte de calor desde as zonas equatoriais até as latitudes médias, onde a quantidade de radiação solar incidente é normalmente muito menor.

- Explique, com suas próprias palavras, o motivo de haver um **desvio para oeste** das massas de ar provenientes das latitudes médias, nos dois hemisférios.
- Delimite a **América do Sul** na Figura 10 e indique zonas onde é possível existir desertos.

Entre as latitudes 30°N e 30°S, esse transporte de energia se dá por um mecanismo relativamente simples de movimento circular, com ar ascendente perto do equador, movimento em direção ao polo perto da tropopausa, ar descendente nos subtrópicos e retorno em direção ao equador perto da superfície.

- Admitindo que o diâmetro terrestre no equador é de aproximadamente 12.400 km e que o limite superior da troposfera nessas regiões está a 14.000 m de altitude, calcule de quantas vezes foi o exagero vertical adotado nas Figuras 1 e 10.

## “Rios” subterrâneos

### Fonte:

Carneiro, C. D. R., Campos, H. C. N. S., & Mendonça, J. L. G. de. 2008. Rios subterrâneos: mito ou realidade? *Ciência Hoje*, 43(253), 18-25. (outubro 2008).

Recuperamos da revista *Ciência Hoje* o texto de Carneiro, Campos & Mendonça (2008): *Rios subterrâneos: mito ou realidade?* A partir dele, formulamos questões e pedimos que os estudantes procurem exemplos, no texto-base, dos conceitos contidos nos trechos e ideias referidos.

(...) a suposição de que a água superficial e a subterrânea se comportem de modo distinto, sem relação entre si – até livros escolares contêm ilustrações mostrando lagos e rios isolados sob o chão –, é incorreta.

- Enumere **duas** passagens ou ilustrações do texto que revelem interrelações, no ciclo hidrológico, entre as águas superficiais e subterrâneas.

Convém distinguir, dentro do contexto deste artigo, os termos ‘demanda’ e ‘consumo’: o primeiro está ligado à ideia de ‘necessidade’, enquanto o segundo corresponde à de ‘gasto, utilização efetiva’. Se não houve redução da disponibilidade, por que o ‘precioso líquido’ está se tornando mais escasso?.

- Enumere **duas** passagens ou ilustrações que expliquem que a quantidade total de água disponível na Terra não se altera com o tempo.

A questão do uso dos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, é tão complexa e importante que ultrapassa sistemas políticos, limites territoriais ou níveis de desenvolvimento técnico, social e econômico. Até porque as fronteiras fixadas pelas sociedades não interferem nos processos geológicos e naturais de distribuição da água na Terra.

- Discorra brevemente sobre esta passagem no texto base. Procure explicar por que os limites geológicos não se confundem com os limites internacionais, estaduais ou municipais.

## Considerações finais

As águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani fazem parte do sistema circulatório de água na Terra. A origem do SAG é singular porque concilia a visão de um passado remoto com uma perspectiva

ligada à história humana contemporânea. O sistema resulta da interação das condições climáticas do Quaternário, cujas águas de precipitação se infiltram no subsolo precisamente naquelas áreas onde afloram camadas formadas em desertos mesozoicos. O conhecimento do passado geológico remoto acentua a necessidade da preservação das reservas, para que continuem a proporcionar uma fonte segura e livre de contaminação para a parcela da humanidade que vive em sua área de influência.

Na Etapa de Estabilidade de Gondwana, ao longo do Triássico até o Eocretáceo, acumularam-se na Bacia do Paraná centenas de metros de rochas sedimentares areníticas, formadas sob condições desérticas a semiáridas. Os fatores que controlam a distribuição dos desertos modernos abrangem: o padrão global de circulação atmosférica nas diferentes latitudes, a continentalidade, a influência de barreiras montanhosas e o padrão mundial de circulação das correntes oceânicas. Para recompor as etapas da Megadesertificação Mesozoica é preciso associar o conhecimento sobre paleogeografia à reconstituição das posições que o supercontinente Gondwana ocupou ao longo do Mesozoico. O fenômeno explica satisfatoriamente as relações entre as diferentes unidades e permite interpretar como se originaram as rochas areníticas que hospedam o SAG.

Um dos maiores derrames de lavas vulcânicas do mundo marcou o início da Ativação Tectônica de Gondwana, que precedeu a movimentação de placas tectônicas e a ruptura continental que originou o Oceano Atlântico. Nessa ampla reorganização climática, as condições desérticas paulatinamente perderam intensidade, dando lugar a condições mais úmidas que levaram à formação da rede hidrográfica atual. As áreas de afloramento das formações Pirambóia e Botucatu, sob influência das novas condições de precipitação, acabaram se tornando a principal porta de entrada da água que continua abastecendo as reservas do SAG.

## **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 e sugestões do Prof. Dr. Hector Luís Lacreu, que ajudaram a aprimorar o manuscrito.

## Referências e sugestões de leitura

- Ab'Sáber A. N. (2000). Summit surfaces in Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1, 2, 3), 28-31. URL: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/10833>. Acesso 07.07.2023.
- Ab'Sáber A.N. (1969a). A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica da Bacia do Paraná. São Paulo: Inst. Geogr. USP, *Geomorfologia* 15. 26p.
- Agência Nacional de Águas (ANA). (2005). *Panorama da qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil*. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas. Super. Planejamento de Recursos Hídricos. Super. Conservação de Água e Solo. 80p. URL: <https://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20Qualidade%20AguasSubterraneas.pdf>. Acesso 07.07.2023.
- Almeida, F. F. M. de. (1953). Botucatu, a triassic desert of South America. In: IUGS, International Geological Congress, 19, Argel (Alger), Argélia, 1953. *Comptes Rendus...*, Argélia, section 19, fasc. 7, p. 9-24.
- Almeida, F. F. M. de. (1954). *Botucatu, um deserto triássico da América do Sul*. Rio de Janeiro: DGM. 21p. (Notas Preliminares e Estudos, 86)
- Almeida, F. F. M. de. (1964). Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: Instituto Geográfico e Geológico. *Geologia do Estado de São Paulo*. São Paulo: IGG. p. 167-263. (IGG. Boletim, 41)
- Almeida, F. F. M. de. (1967). *Origem e evolução da plataforma brasileira*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim 241. 36p.
- Almeida, F. F. M. de. (2018). Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo: *Revista do Instituto Geológico*, 39(3), 9-75. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v39i3.600>.
- Almeida, F. F. M. de, Barbosa, O. (1949). *A série Tubarão na Bacia do rio Tietê, SP*. Rio de Janeiro: Min. Agric. Div. Geol. e Mineral. 17p. (Notas Prelim. e Estudos, n. 48).
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (1995). Geleiras no Brasil e os parques naturais de Salto e Itu. *Ciência Hoje* 19(112), 24-31. Julho 1995.
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (1998). Botucatu: o grande deserto brasileiro. *Ciência Hoje*, 24(143), 36-43. Outubro 1998.
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (1998). Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2), 135-150. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1998135150>.
- Almeida, F. F. M. de, & Carneiro, C. D. R. (2004). Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: Mantesso Neto V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., & Brito-Neves B.B. (Orgs.) 2004. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Ed. Beca. p. 43-60. (Cap. 3).
- Almeida, F. F. M. de, & Melo, M. S. (1981). A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In: Almeida, F. F. M. de, Hasui, Y., Ponçano, W. L., Dantas, A. S. L.; Carneiro, C. D. R., Melo, M. S. de; Bistrichi, C. A. (1981). *Nota Explicativa do Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000*. São Paulo, IPT. v.1, p.46-81. (IPT, Monografias 6).
- Almeida, F. F. M. de, Assine, M. L., Carneiro, C. D. R. (2012). A megade-sertificação mesozoica. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F.

- M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 419-428. (Cap. 17). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Almeida, F. F. M. de, Brito Neves, B. B. de, & Carneiro, C. D. R. (2000). Origin and evolution of the South-American Platform. *Earth-Sci. Reviews*, 50, 77-111. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(99\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00072-0).
- Almeida, F. F. M. de. (2018). Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo: *Revista do Instituto Geológico*, 39(3), 9-75. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v39i3.600>.
- Assine, M. L., Piranha, J. M., & Carneiro, C. D. R. (2004). Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. 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: Ed. Beca. p. 77-93. (Cap. 5).
- Carneiro, C. D. R. (2018). Os “Fundamentos geológicos do relevo paulista” nos dias atuais. São Paulo: *Revista do Instituto Geológico*, 39(3), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v39i3.599>.
- Carneiro, C. D. R., & Almeida, F. F. M. de (1996). O Sertão Já Virou Mar. *Ciência Hoje*, 21(122), 40-50. Setembro 1996.
- 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., Ferrão, A. L., & Basilić, G. Eds. (2021). *Explorando Ciências da Terra na educação básica*. Campinas: Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra, Universidade Estadual de Campinas. 400p. (em preparação) (Série Ensino e História de Ciências da Terra, v. 5).
- Carneiro, C. D. R., Campos, H. C. N. S., & Mendonça, J. L. G. de. (2008). Rios subterrâneos: mito ou realidade? *Ciência Hoje*, 43(253), 18-25. (outubro 2008).
- Carneiro, C. D. R., Campos, H. C. N. S., & Mendonça, J. L. G. de. (2009). Ríos subterrâneos: ¿mito o realidad? *Ciencia Hoy*, 19(112), 22-28. (agosto-septiembre 2009). URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4316217>. Acesso 11.09.2023.
- Carneiro, C. D. R., Melo, M. S. de, Vitte, A. C. (2010). Evolução geológica neocenozoica da Depressão Periférica no centro-leste do Estado de São Paulo: inflexões do pensamento geomorfológico. In: Modenesi-Gauttieri, M.C., Bartorelli, A., Mantesso Neto, V., Carneiro, C. D. R., Lisboa, M. A. (Orgs.) 2010. *A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber*. São Paulo: Ed. Beca. p. 353-371. (ISBN 97885-62768-05-7).
- Carneiro, C. D. R., Mizusaki, A. M. P. & Almeida, F. F. M. de. (2005). A determinação da idade das rochas. *Terræ Didática*, 1(1):6-35. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v1i1.8637442>.
- Carvalho, M. S. A. de. (2013). *Águas subterrâneas*. São Paulo: Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, USP. (Tese de doutorado). 212p. URL: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2131/tde-07122016-145557/en.php>. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.2.2016.tde-07122016-145557>.
- Christofolletti, B., Peixoto, B. C. P. M., Warren, L. V., Inglez, L., Fernandes, M. A., Alessandretti, L., Perinotto, J. A. J., Simões, M. G., & Assine, M. L. (2021). Dinos among the dunes: Dinoturbation in the Pirambóia

- Formation (Paraná Basin), São Paulo State and comments on cross-section tracks. *Journal of South American Earth Sciences*, 109(August 2021), 103252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103252>.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J. -X. (2013, updated). The ICS International Chronostratigraphic Chart, v2020/01. *Episodes*, 36, 199-204. URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2020-01.pdf>.
- Dias, K. L. N., & Scherer, C. M. S. (2008). Cross-bedding set thickness and stratigraphic architecture of aeolian systems: An example from the Upper Permian Pirambóia Formation (Paraná Basin), southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 25, 405-415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2007.07.008>.
- Diigo. (2021). *Try PDF annotation. Active Reading: The Art of Annotation*. Diigo. URL: <https://www.diigo.com/annotation.pdf>. Acesso 17.09.2023.
- Faustinoni, J. M., & Carneiro, C. D. R. (2015). Movimentos da crosta e relações entre Tectônica e dinâmica atmosférica. *Terra Didática*, 11(3), 173-181. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v11i3.8643645>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Water for Sustainable Food and Agriculture. A report produced for the G20 Presidency of Germany*. Rome, UN. (ISBN 978-92-5-109977-3). URL: [www.fao.org/3/i7959e/i7959e.pdf](http://www.fao.org/3/i7959e/i7959e.pdf).
- Fundação Joaquim Nabuco. (2019). *Célula de Hadley*. Fundação Joaquim Nabuco. Atualizado em 19.11.2019. URL: <https://antigo.fundaj.gov.br/index.php/documentarios-e-estudos-sobre-as-secas/11349-celula-de-hadley>. Acesso 07.07.2023.
- Geikie, “Sir” A. (1905). *The founders of Geology*. 2 ed. New York: Dover Publ., Inc. [Full text of “The founders of geology” URL: [https://archive.org/stream/foundgeology00geikrich/foundgeology00geikrich\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/foundgeology00geikrich/foundgeology00geikrich_djvu.txt)].
- Geikie, “Sir” A. (1962). *The founders of Geology*. New York: Dover Publ. 486p. (republication of the original 1905 2<sup>nd</sup> ed. of the work originally publ. by MacMillan & Co. in 1897).
- Gonçales, V. G., Carneiro, C. D. R., Balsalobre B., Pereira, S. Y., Fernandes, L. C. S., Vilela, R. C. C. L., Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Simonato, M. D., Anelli, L. E. (2016). *Programa Aquífero Guarani: difusão de hidrogeologia nas praças públicas e escolas*. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 19, Campinas, 2016. Anais... Campinas, ABAS. URL: <http://docplayer.com.br/29736375-Xix-congresso-brasileiro-de-aguas-subterraneas-programa-aquifero-guarani-difusao-de-hidrogeologia-nas-pracas-publicas-e-escolas.html>. Acesso 07.07.2023.
- Gandini, R. (s.d.). *Escala do tempo geológico*. InfoEscola. URL: <https://www.infoescola.com/geologia/escala-do-tempo-geologico/>. Acesso 27.06.2021.
- Gould, S. J. (1991). *Seta do tempo, ciclo do tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico*. Trad. Malferrari, C. A. São Paulo: Companhia das Letras. 221p.
- Hasui, Y. (2012a). Evolução dos continentes. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 98-109. (Cap. 6). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Hasui, Y. (2012b). Tectônica de Placas. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R.,

- Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 66-97. (Cap. 5). (ISBN 978-85-62768-10-1).
- Lacreu, H. L. & Aljanati, D. (2004). Historia y Vicisitudes del Agua en el Planeta Tierra. In: Lacreu Laura (comp) (2004). *El agua. Saberes escolares y perspectiva Científica*. Buenos Aires: Ed. Paidós. Cap 7, p. 295-331. URL: [https://www.academia.edu/4812694/Historia\\_y\\_vicisitudes\\_del\\_agua\\_en\\_el\\_planeta\\_tierra](https://www.academia.edu/4812694/Historia_y_vicisitudes_del_agua_en_el_planeta_tierra). Acesso 07.07.2023.
- Machado, J. L. F. (2005). *A verdadeira face do "Aquífero Guarani": mitos e fatos*. In: Anais dos XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. São Paulo, *Águas Subterrâneas*, 2005(Supl.). 10p. URL: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23188/15299>.
- Machado, J. L. F. (2005). *Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul*. São Leopoldo, RS. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). 238p. (Tese Dout.). URL: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/142>.
- Marcondes, M. E. R. (2018). As Ciências da Natureza nas 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular. *Estudos Avançados*, 32(94), 269-284. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0018>.
- Milani, E. J. (1997). *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental*. Porto Alegre, Inst. Geoc., UFRGS. (Tese Dout.). 255p.
- Milani, E. J., França, A. B., & Schneider, R. L. (1994). Bacia do Paraná. *B. Geoc. Petrobras*, 8(1), 69-82.
- Milani, E. J., Melo, J. H. G. de, Souza, P. A., Fernandes L.A., & França, A. B. (2007). Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), 265-287.
- Milani, E. J., Ramos, V. A. (1998). Orogenias paleozóicas no domínio sul-occidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(4), 527-544. URL: <http://www.ppeg-geo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11243>. Acesso 07.07.2023.
- Miller, Z. (2020). *Weather. Images, Animations, & Videos. Planetary Winds and Moisture Belts Deconstructed Images*. Regents Review Resources. URL: <http://www.discoverearthscience.com/regentses/units/weather/images/windsesrtrbasicimages.zip>.
- Modenesi-Gauttieri, M. C., Bartorelli, A., Mantesso Neto, V., Carneiro, C. D. R., & Lisboa, M. A. (Orgs.) (2010). *A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber*. São Paulo: Ed. Beca. 588p. (ISBN 97885-62768-05-7).
- Northfleet, A. A., Medeiros, R. A., & Muhlmann, H. (1969). Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *B. Téc. Petrobrás*, 12(3), 291-346. Dez. 1969.
- Oliveira, H. V. B., & Carneiro, C. D. R. (2009). Modelos 3D do Aquífero Guarani da Bacia do Paraná para divulgação científica. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18, Campo Grande, 2009. 22 a 26 novembro de 2009. *Anais...* São Paulo, Acquacon. p. 1-17. URL: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23785/15850/86263>.

- Parrish, J. T., Ziegler, A. M., & Scotese, C. R. (1982). Rainfall patterns and the distribution of coals and evaporites in the Mesozoic and Cenozoic. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, *40*, 367-101.
- Pereira, E., Carneiro, C. D. R., Bergamaschi, S., & Almeida, F. F. M. de. (2012). Evolução das sinéclises paleozoicas: Províncias Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de., & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. p. 372-394. (Cap. 16a).
- Pozo, J. I. (1996). *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- Pozo, J. I. (2000). ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que les enseñamos? El caso de las ciencias de la Tierra. *Rev. de la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, *8*(1), 13-19. URL: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/88648/132711>. Acesso 17.09.2023.
- Rebouças, A. C. (1976). *Recursos Hídricos da Bacia do Paraná*. São Paulo, SP. Tese de Livre-Docência. IG/USP 143p. 2 mapas.
- Rebouças, A. C. (1994). *Sistema Aquífero Botucatu no Brasil*. In: VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. *Anais...* ABAS, Recife. p. 500-509.
- Reis, M. M. (2011). *Potencial hidromineral das águas hipertermais do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo*. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 116f. (Dissertação Mestrado). URL: <http://hdl.handle.net/11449/92821>.
- Renne, P. R., Deckart, K., Ernesto, M., Féraud, G., & Piccirillo, E. M. (1996). Age of the Ponta Grossa Dike Swarm (Brazil), and implications to Paraná Flood Volcanism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, *144*, 199-211.
- Renne, P. R., Ernesto, M., Pacca, I. G., Nardy, A. J. R., Coe, R. S., Glen, G. M., Prevot, M., & Perrin, M. (1992). Age and duration of Paraná flood volcanism in Brazil. Washington, *Transactions of the American Geophysical Union*, *73*, 531- 532.
- Richter, F. (2018). *Onde os desertos são formados e por quê? Célula de Hadley, sombras de chuva e mais!* Canal Geologia da Terra. Atualizado em 14.12.2018. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GRQCQ8YsOmw>. Acesso 07.07.2023.
- Rocha, G. A. (1997). O grande manancial do Cone Sul. *Estudos Avançados, USP*, *11*(30), 191-212. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000200013>.
- Rosa, F<sup>o</sup>, E. F., Hindi, E. C., Rostirolla, S. P., Ferreira, F. J. F., Bittencourt, A. V. L. (2003). Sistema Aquífero Guarani: Considerações Preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. Curitiba: ABAS, *Revista Águas Subterrâneas*, *17*, 91-111.
- Santos, M. M., Chang, M. R. C., & Kiang, C. H. (2012). Análise do balanço hídrico climatológico do Sistema Aquífero Guarani, em sua área de afloramentos no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Climatologia*, *10*, 153-170. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30596>.
- Schneider, R. L., Mullmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R. A., Daemon, R. S. F., & Nogueira, A. A. (1974). *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, *Anais...* SBG, v. 1, p. 41-66.

- Schobbenhaus, C., Campos, D. A., Derze, G. R & Asmus, H. E. (coords.). (1984). *Geologia do Brasil*. Brasília: Div. Geol. Miner., DNPM. 501p.
- Scherer, C. M. S. (2000). Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in Southernmost Brazil: morphology and origin. Amsterdam, *Sedimentary Geology*, 137, p. 63-84. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00135-4](http://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00135-4).
- Scherer, C. M. S. (2021). *Evolução Tectono-Estratigráfica da Sucessão Permo-Mesozoica da Bacia do Paraná*. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 50, Brasília, 2021. Brasília, SBG. (Palestra Temática).
- Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). (2001). *Programa de água subterrânea para a Região Nordeste. Programa Anual de Trabalho, 2001*. Brasília, DF: Secretaria de Minas e Metalurgia. Ministério de Minas e Energia. SGB/CPRM. 30p. URL: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/publicacoes/programa\\_agua\\_subterranea\\_nordeste.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/publicacoes/programa_agua_subterranea_nordeste.pdf).
- Silva, A. J. P. da, Lopes, R. C., Vasconcelos, A. M., & Bahia, R. B. C. (2003). Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi, L. A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R. M., Gonçalves, J. H. (Eds.) (2003). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). p. 55-85. (ISBN 85-230-0790-3).
- Silva, E. M. da, Azevedo, J. A. de, Rauber, J. C., & Reatto, A. (2003). *Caracterização Físico-hídrica e Hidráulica de Solos do Bioma Cerrado submetidos a diferentes sistemas de preparo*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 22p. URL: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568975/1/bolpd101.pdf>. Acesso 11.09.2023.
- Soares, P. C. (1975). Divisão estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*, 5, 229-252.
- Turner S., Regelous, M., Kelley, S., Hawkesworth, C.J., Mantovani, M.S.M., 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision geochronology. *Earth Planet. Sci. Letters*, 121, 333-348.
- Vilar, P. C., & Hirata, R. (2022). Governança das Águas Subterrâneas e a Construção de Indicadores Jurídicos para os Estados Brasileiros. *Ambiente & Sociedade*, 25, 1-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210037r1vu2022L1AO>.
- Waichel, B. L. Lima, E. F. de, Viana, A. R., Scherer, C. M. Bueno, G. V., & Dutra, G. (2012). Stratigraphy and volcanic facies architecture of the Torres Syncline, Southern Brazil, and its role in understanding the Paraná-Étendeka Continental Flood Basalt Province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 215-216, 74-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.12.004>.
- Westarb, E. F. F. A. (2004). *Sistema Aquífero Sedimentar Freático Inglêses – SAS-FI. Depósitos costeiros que te mantêm... Ocupação que te degrada!* Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-graduação em Geografia. Dissertação (mestrado). 154p. URL: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87884>. Acesso 11.09.2023.
- Zalán, P. V., Wolff, S., Conceição, J. C. J., Marques, A., Astolfi, M. A. M., Vieira, I. S., Appi, V. T., & Zanutto, O. A. (1991). Bacia do Paraná. In: Gabaglia, G. P. R., & Milani, E. J. (coords.) (1991). *Origem e evolução de bacias sedimentares*. 2 ed. Rio de Janeiro, Petróleo Brasileiro S.A. p. 135-168.

# Práticas pedagógicas e interpretativas para aprendizagem de Ciências da Terra em ambientes externos à sala de aula

Maxwell Luiz da Ponte  
Renan Pinton de Camargo  
Joseli Maria Piranha

No Brasil, as práticas predominantes nas escolas são desafiadoras para Educação em Ciências da Terra, pois são incompatíveis com a prática pedagógica necessária para a adequada inserção das Ciências da Terra na educação básica (Chaves, Moraes & Silva, 2018, Gomes & Sanchez, 2018, Vieira, Veloso, & Rodrigues, 2016). O desafio da efetivação da Educação em Ciências da Terra no Brasil tem mobilizado pesquisas científicas visando o desenvolvimento de estratégias e recursos didáticos que subsidiem práticas pedagógicas adequadas.

Dentre as diversas estratégias experienciadas, as atividades externas à sala de aula (AESA) constituem práticas interdisciplinares e dinâmicas de ensino, integradoras de conhecimentos, que apresentam grande potencialidade para ECT. Apesar disso, diversos fatores, pedagógicos e administrativos, limitam a realização das AESA na educação básica do Brasil. Diante desse cenário, objetiva-se, neste trabalho, apresentar um conjunto de práticas pedagógicas e interpretativas idealizadas como sendo AESA, e que permitam integrar elementos naturais e construídos comuns aos espaços urbanos e periurbanos na ECT.

## Educação em Ciências da Terra e as AESA

Em decorrência das emergentes pesquisas em ECT em todo o mundo, que marcou a primeira década do Século XXI, foram formuladas propostas para o conjunto de conhecimentos, atitudes e habilidades necessários à alfabetização em Ciências da Terra, tais como as publicações *Earth Science Literacy* (Wysession et al., 2010), *Alfabetización en Ciencias da Tierra* (Pedrinaci et al., 2013) e *Internacional Geoscience Syllabus* (King, 2014).

Embora tais publicações possuam particularidades, é possível discernir treze conceitos necessários à alfabetização em CT (Ponte & Piranha, 2020), que correlacionam e evidenciam a complementariedade existente entre os trabalhos de Wyssession et al. (2010), Pedrinaci et al. (2013) e King (2014), a saber: 1) a Terra como um Sistema dinâmico e aberto de componentes interativos em constante transformação; 2) Estudo, ensino e pesquisa do Sistema Terra; 3) Tempo Geológico; 4) Origem do universo, Sistema Solar e da Terra; 5) A Terra como integrante do Sistema Solar; 6) Estrutura/ Camadas da Terra; 7) Geosfera; 8) Hidrosfera; 9) Atmosfera; 10) Biosfera; 11) Riscos ambientais e desastres naturais; 12) Uso de recursos naturais por seres humanos; 13) Impactos antrópicos.

No âmbito da educação formal, é imprescindível compatibilizar tais referenciais da ECT com conteúdos, metas e objetivos que constam dos currículos escolares vigentes, formulados a partir das diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2017). A BNCC visa normatizar um conjunto de aprendizagens essenciais aos estudantes da Educação Básica do Brasil, em conformidade com o que preconiza o Plano Nacional de Educação (Brasil, 2014). Para tanto, apresenta um conjunto de habilidades divididas em componentes curriculares, anos e séries, sendo uma diretriz válida em todo o território nacional para a formulação de currículos e de propostas pedagógicas (Brasil, 2018), que devem considerar também a realidade local e as características das comunidades.

Dentre as possibilidades de estratégias para a ECT, especial atenção será dada às AESA, que compreendem um conjunto de práticas educativas interdisciplinares desenvolvidas em locais distintos da sala de aula que promovem uma aprendizagem mais holística, integrada e contextualizada (Becker et al., 2017, Marques & Praia, 2009, Rebelo, 2014, Rebelo et al., 2011). Na literatura, é possível reconhecer diversas terminologias para as AESAs, tais como: *outdoor education*, *outdoor activities*, *out-of-school environment*, *experimental education*, *camping education*, *nature study*, atividades de campo, atividades *outdoor*, excursões didáticas, aulas de campo, *salidas* de campo, trabalhos de campo, *fieldtrip school excursion*, *school journey*, dentre outras.

Enquanto alguns autores defendem que se trata de uma estratégia relacionada apenas aos contextos formais de ensino, utilizada junto a escolares e universitários (Marques & Praia, 2009), nesse estudo consideram-se as AESA como estratégias de aprendizagem em contextos formais e não formais, voltadas tanto aos escolares quanto ao público

em geral (Behrendt & Franklin, 2014). Este último entendimento parece ser o mais coerente à gênese das discussões sobre essa prática, uma vez que as AESA emergiram no âmbito das discussões ambientalistas da década de 70, quando se tornaram mais fortes as demandas educacionais face à progressiva degradação ambiental, e teve início a institucionalização da educação ambiental (Hammerman & Hammerman, 1973). Nesse contexto, as AESA foram pensadas para desenvolvimento de percepção e entendimento das relações ecológicas e da apreciação da responsabilidade humana para a qualidade do ambiente que ele integra (Hammerman & Hammerman, op. cit.).

Desse modo, considerando o conceito de “estratégia” como um conjunto de práticas educativas adotadas à luz dos objetivos de ensino e aprendizagem previamente estabelecidos (Mazzioni, 2013), a realização de AESA como estratégia possibilita o uso de diversos lugares para o ensino e a aprendizagem (Alon & Tal, 2015, Becker et al., 2017, Rebelo, Marques, & Costa, 2011). São atividades autênticas e exploratórias, diretamente associadas aos recursos naturais e às situações cotidianas, que potencializam a percepção do ambiente e da vida, possuindo comprovada eficácia para o ensino e a aprendizagem, por integrarem o uso de todos os sentidos e envolverem os domínios cognitivo e afetivo (Alon & Tal, 2015, Behrendt & Franklin, 2014, Roberts, Hinds, & Camic, 2019, White et al., 2019). Assim, tais atividades contribuem para uma aprendizagem duradoura, *long term learning* (Avci & Gümüs, 2020, Falk & Dierking, 1997).

Considerando tais potencialidades, o trabalho apresenta práticas pedagógicas e interpretativas (PPI) para o ensino das CT em AESA, integrando habilidades que compõem currículo vigente na educação básica. As PPI foram idealizadas no contexto de uma investigação e desenvolvimento que resultou na proposição de estratégias e recursos para o ensino de CT, mediante AESA, integrando elementos da diversidade biológica, geológica e cultural que ocorrem em espaços urbanos e periurbanos (Ponte, 2022).

## Metodologia

Para a validação das PPI foram utilizados como critérios não associativos: 1) contribuição para a alfabetização em CT; 2) ancoragem em currículos escolares vigentes; 3) possibilidade de ser realizada em espaços urbanos e periurbanos.

Para o critério “Contribuição para a alfabetização em CT”, cada PPI foi relacionada com os referenciais propostos por King (2014), Ladue & Clark (2012), Pedriniaci et al. (2013) e Wysession et al. (2010). Foram adotados códigos numéricos para evidenciar as relações estabelecidas com cada referencial. Para as “*Big Ideas*” para alfabetização em Ciências da Terra, segundo Wysession et al. (2010), as “*Ideas claves*” apresentadas por Pedrinaci et al. (2013) e os Princípios para Alfabetização em Ciências da Terra elaborados por King (2014) foram adotados os códigos propostos em Ponte e Piranha (2020). Para os “*Essential Principles*” em Ciência do Sistema Terra, de LaDue e Clark (2012), utilizou-se os numerais 1 a 11 para se referenciar os tópicos, conforme descritos na Tabela 1.

No que se refere ao segundo critério, para validar a ancoragem das PPI em currículos escolares, o Currículo Paulista para os Anos Finais do Ensino Fundamental (São Paulo, 2019) e o Ensino Médio (São Paulo, 2020) foram adotados como referência. Trata-se de um currículo elaborado em conformidade à BNCC. Para evidenciar as correlações com as habilidades que compõem o currículo, utilizou-se os códigos alfanuméricos

Tabela 1. “Essential Principles” em Ciência do Sistema Terra segundo LaDue e Clark (2012). Fonte: Elaborado pelos autores.

<b>Tópico</b>	<b>Descrição</b>
1	A exploração dos sistemas terrestres ocorre por meio de observações, raciocínio científico e modelagem
2	Os sistemas terrestres envolvem interações complexas entre rocha, água, ar e vida
3	O Sol é a principal fonte de energia para o sistema climático da Terra
4	Matéria e energia são transportadas e transformadas por processos do sistema terrestre (por exemplo, movimentos da placa tectônica, desnudação e circulações atmosféricas e oceânicas)
5	Os sistemas terrestres estão em constante mudança.
6	Os humanos estão inextricavelmente interligados à geosfera, hidrosfera e atmosfera
7	Desastres naturais e mudanças climáticas ameaçam a civilização humana
8	Os humanos se tornaram um agente significativo de mudança na geosfera, na hidrosfera e na atmosfera
9	A biosfera depende e afeta a hidrosfera, a atmosfera e a geosfera
10	A Terra tem um oceano multifacetado que cobre a maior parte da superfície da Terra
11	A Terra tem 4,6 bilhões de anos

de referência, composto por quatro letras e quatro números, adotados por currículos estaduais de todo o Brasil, conforme consta na BNCC (BRASIL, 2018). Nos códigos, o primeiro par de letras indica a etapa do ensino, sendo que “EF” indica Ensino Fundamental e “EM” indica Ensino Médio. O primeiro par de números indica o ano do Ensino Fundamental ou série no Ensino Médio. Para o ensino fundamental, os sextos anos são representados por 06, os sétimos anos são representados por 07, os oitavos anos são representados por 08 e os nonos anos são representados por 09. Para o Ensino Médio, a primeira série é representada por 11, a segunda série é representada por 12 e a terceira série é representada por 13. O segundo par de letras indica o componente curricular, sendo que “CI” refere-se ao componente Ciências, “GE” refere-se ao componente Geografia e “CNT” refere-se ao componente Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Finalmente, o último par de números especifica cada habilidade dentro de um mesmo ano/série e componente curricular.

E conforme preconizado pelo terceiro critério, para evidenciar a possibilidade de realização da prática em espaço urbano ou periurbano, foram indicados os elementos de biodiversidade, geodiversidade e histórico-culturais necessários à realização de cada uma delas.

## Práticas pedagógicas e interpretativas: propostas de AESA

Considerando os referenciais teóricos e metodológicos adotados, a seguir apresenta-se vinte propostas de PPI para aprendizagem de Ciência do Sistema Terra. As AESA previstas nas PPI 1, 2, 3, 4, 5 e 6 dão ênfase na aprendizagem de elementos e processos da Geosfera. As PPI 7 e 8 buscam promover a compreensão da Geodiversidade como substrato para a Vida. As PPI 9, 10 e 11 estão mais intimamente relacionadas com a aprendizagem de elementos e processos da Biosfera. Por sua vez, as PPI 12, 13, 14, 15, 16 e 17 visam a compreensão dos processos e componentes da Hidrosfera. Finalmente, as PPI 18, 19 e 20 evidenciam a interdependência e constante interação entre as esferas terrestres, mediante a aprendizagem e a interpretação de processos hidrológicos, biológicos, atmosféricos e pedológicos que ocorrem nos ambientes naturais.

### PPI 1

Observar características de rochas aflorantes, *ex-situ* ou de materiais pétreos utilizados em edificações, infraestrutura e/ou monumentos

(fachadas, calçamento, altares, pilastras, escadarias de igrejas e prédios históricos, túmulos e jazigos em cemitérios e/ou estátuas) por meio de feições macroscópicas tais como tamanho e cor de grãos de minerais, textura, estratificação, traço, dentre outras, e buscar a classificação primária das rochas aflorantes em sedimentares, metamórficas ou magmáticas.

**Onde pode ser realizada?** Afloramentos de rochas ou o uso de diversos tipos de rochas: nas edificações, pavimentação e ornamentação e em monumentos.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF06CI01; EF06CI11; EF06CI12; EF07CI03; EF07CI15; EF09CI01; EF09CI03; EM13CNT101; EM13CNT209; EM13CNT307.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE05\*; EF06GE16\*.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 4.7 e 4.6.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 3.6; 3.7; 3.9; 3.10; 6.6 e 6.8.

Conceitos de King (2014): 1.4; 4.1 e 4.2.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 4 e 11.

## PPI 2

Observar e classificar processos de intemperismo que estejam atuando sobre rochas e materiais pétreos.

**Onde pode ser realizada?** Em afloramentos rochosos em cortes de estradas, encostas de morros ou quedas d’água e em locais contendo recursos construídos com elementos pétreos, tais como prédios, praças, monumentos, onde possam ser observadas alterações por processos intempéricos.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF06CI02; EF09CI03; EM13CNT101; EM13CNT102; EM13CNT209.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE16\*; EM13CHS103; EM13CHS105

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 4.8; 5.7; 5.8.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 3.8; 7.3; 7.4; 7.5; 7.7.

Conceitos de King (2014): 1.4; 4.11.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 4.

### PPI 3

Observar e registrar atos de depredação e/ou vandalismo sobre elementos da geodiversidade, tais como afloramentos rochosos e monumentos pétreos, e propor soluções para a geoconservação.

**Onde pode ser realizada?** Em locais contendo elementos da diversidade geológica, naturais e construídos.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF06CI02; EF09CI12B; EF09CI13; EM13CNT101; EM13CNT102; EM13CNT203; EM13CNT209; EM13CNT301; EM13CNT306; EM13CNT307, EM13CNT309.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EM13CHS103; EM13CHS104; EM13CHS105.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 9.5; 9.9

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.8

Conceitos de King (2014): 5.1

Princípios de LaDue & Clark (2012): 8

### PPI 4

Estudar solo em diferentes locais, com uso de ferramentas para estudos dos perfis em subsuperfície, como um trado, se necessário. Amostras podem ser coletadas para caracterização didática e para comparação de solos de diferentes locais. Em associado, pode-se fazer uso

de um mapa pedológico da região.

**Onde pode ser realizada?** Praças e bosques urbanos, Unidades de Conservação, Empreendimentos agrícolas. Preferencialmente, deve ser realizada em mais de um local, associando os locais que façam diferentes usos do solo e em que o solo esteja em diferentes condições (pavimentado, com cobertura vegetal, em uso agrícola, dentre outros).

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF06CI02, EF07CI01A; EF07CI07; EM13CNT206; EM13CNT301; EM13CNT306.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE16\*; EF06GE05; EF06GE23\*; EF06GE24\*; EF06GE25\*; EF06GE10; EM13CHS106.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“Big ideas” de Wyssession et al. (2010): 4.6

“Ideas claves” de Pedrinaci et al. (2013): 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5.

Conceitos de King (2014): 4.1

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 4; 5; 9.

## PPI 5

Estudar as interações entre biodiversidade e a geodiversidade, entendendo esta última como substrato para a vida.

**Onde pode ser realizada?** Em qualquer local onde ocorram elementos da geodiversidade associados a elementos da biodiversidade, seja em ambiente terrestre ou aquático, tais como bosques e fragmentos florestais urbanos ou preservados, corpos hídricos naturais ou construídos.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI07; EF07CI13A; EF09CI11; EM13CNT105; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT206; EM13CNT309.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE17\*; EF06GE05; EF06GE23\*; EF06GE24\*; EF06GE25\*; EF06GE09; EF06GE11; EF07GE11; EF07GE23\*; EM13CHS106; EM13CHS305.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 3.4; 6.8; 7.6.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.5; 5.8; 7.8; 8.4.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.3; 4.11.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2.

## PPI 6

Observar as características arquitetônicas e os materiais utilizados em edificações e monumentos diversos. Correlacionar os materiais com a origem e os impactos sociais e ambientais de sua extração.

**Onde pode ser realizada?** Preferencialmente, associar locais com diferentes atividades socioeconômicas: industriais, agrícolas, turísticas, centros comerciais e de serviços, sítios de preservação do patrimônio natural e construído. Podem ser observados prédios residenciais e comerciais urbanos, fazendas e sítios, estradas, calçadas, estátuas, jazigos, pontes, centros históricos, e até mesmo em bioconstruções naturais que abrigam diferentes formas de vida, como colônias de insetos, ninho de pássaros, tocas de répteis e mamíferos diversos.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI03; EM13CNT104; EM13CNT307; EM13CNT309

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE06; EF06GE19\*; EF06GE29\*; EF06GE30\*; EM13CHS103; EM13CHS304

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 4.6; 4.8; 7.3; 7.5; 7.6; 7.7; 9.3; 9.5.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 3.1; 3.8; 8.3; 8.5; 8.7.

Conceitos de King (2014): 4.1; 5.1.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 4.

## PPI 7

Analisar como as diferentes formas de vida estão agindo sobre os fatores abióticos, transformando-os. Nesse sentido, pode-se citar, por

exemplo, a ação de briófitas, líquens e raízes das plantas como agentes de intemperismo sobre rochas, minhocas como agentes de aeração do solo; micro-organismos decompositores atuando na ciclagem dos nutrientes; algas e cianobactérias proliferantes em eventos de eutrofização.

**Onde pode ser realizada?** Em locais em que seja possível observar relações entre geo e biodiversidade diversas: árvores da flora urbana em ruas, parques, praças; fragmentos florestais; empreendimentos agrícolas, sistemas agroflorestais, agroecológicos e biodiversos, hortas; corpos hídricos, colonização biológica em afloramentos rochosos e materiais pétreos, dentre outros.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF06CI02; EF07CI07; EM13CNT105; EM13CNT202; EM13CNT310.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE10; EF06GE11.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wyssession et al. (2010): 3.2; 3.4; 4.1; 6.2; 6.4; 6.5; 6.7; 6.8; 6.9.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 1.5; 5.2; 5.4; 5.7; 5.8; 7.8; 7.9.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.4; 4.11.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 3; 4; 9

## PPI 8

Observar e comparar a diversidade da vida mediante diferentes condições de preservação do solo e da floresta: registrar a presença de animais, líquens, fungos e vegetais em locais mais conservados a menos conservados/mais antropizados.

**Onde pode ser realizada?** Em locais em que seja possível visualizar elementos da bio e geodiversidade em associado: praças e bosques urbanos, Unidades de Conservação, Empreendimentos agrícolas. Preferencialmente, deve ser realizada em mais de um local, associando os que façam diferentes usos do solo e em que o solo esteja em diferentes condições (pavimentado, com cobertura vegetal, em uso agrícola, dentre outros).

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI07; EF07CI08; EF09CI12A; EF09CI12B; EM13CNT202; EM13CNT203

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE04B; EF06GE17\*; EF06GE10; EF06GE28\*; EF06GE11; EF06GE30\*; EM13CHS103

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wyssession et al. (2010): 3.1; 3.4; 3.5; 3.7; 3.8; 6.8; 8.3; 9.1; 9.2; 9.3; 9.5; 9.6; 9.7.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.2; 1.5; 1.7; 1.8; 5.8.

Conceitos de King (2014): 1.1; 1.2; 1.3; 4.11; 5.1; 6.1

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 4; 7; 8; 9

## PPI 9

Observar e interpretar relações ecológicas, tais como: herbivoria, predação, competição, mutualismo, simbiose, parasitismo, inquilinismo. Observar relações entre organismos vivos e fatores abióticos em ambientes diversos, aquáticos e terrestres, para reprodução e abrigo.

**Onde pode ser realizada?** Em locais em que seja possível observar relações ecológicas: árvores da flora urbana em ruas, parques, praças; fragmentos florestais; empreendimentos agrícolas, sistemas agroflorestais, agroecológicos e biodiversos, hortas; corpos hídricos, dentre outros.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI07; EM13CNT104; EM13CNT105; EM13CNT202; EM13CNT301.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE04B; EF06GE11.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wyssession et al. (2010): 3.2; 3.4; 4.1; 6.2; 6.4; 6.5; 6.7; 6.8; 6.9.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 1.5; 5.2; 5.4; 5.7; 5.8; 7.8; 7.9.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.4; 4.11.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 4; 9

## PPI 10

Percepcionar, por meio dos sentidos, a sensação térmica e a umidade do ar, comparando microclimas proporcionados pela presença de vegetação com os de locais fortemente antropizados e com ausência ou pouca árvore. Oportunamente, correlacionar a influência da transpiração vegetal na qualidade do ar.

**Onde pode ser realizada?** Em espaços urbanos ou rurais, preferencialmente associando locais menos e mais arborizados. São possibilidades: praças e bosques urbanos, Unidades de Conservação, empreendimentos agrícolas.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF06CI11; EF07CI02; EF07CI04; EF07CI06; EF07CI12; EF07CI13B; EF07CI14A; EF08CI14; EF09CI12A; EF09CI12B; EF09CI13; EM13CNT101; EM13CNT102; EM13CNT105; EM13CNT203; EM13CNT301.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE03B; EF06GE03C; EF06GE05; EF06GE10; EF06GE32\*; EF06GE13; EM13CHS302.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 3.2; 3.4; 9.1; 9.5; 9.7; 9.8.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 1.5; 1.8.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.3; 1.4; 5.1; 6.2.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 3; 4; 5; 8.

## PPI 11

Realizar observações e registros, em diferentes períodos, de ambientes arborizados, relacionando as variações do clima com mudanças morfológicas, fisiológicas e comportamentais em plantas e animais. Por exemplo, pode-se analisar a quantidade de folhas nas copas das árvores

em estações chuvosas/secas. Também pode-se observar a influência do clima na floração. Em muitas espécies, pode-se comparar, nos diferentes momentos do ano, a relação entre a presença de flores e frutos e de animais polinizadores.

**Onde pode ser realizada?** Essa prática pode ser realizada nas proximidades da escola, observando árvores da arborização urbana, em calçadas, em praças, em parques. Além disso, pode-se visitar locais em que seja possível observar características da vegetação na paisagem: em mirantes e complexos de turismo e lazer instalados em pontos altos de unidades de relevo, que permitam a observação panorâmica da paisagem urbana e rural. Em bosques e fragmentos florestais podem ser realizados estudos mais específicos sobre as características das espécies vegetais que ocorrem. Em associado, atividades com uso de Tecnologias de Informação poderão contribuir na obtenção de informações sobre tempo e clima.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI02; EF07CI04; EF07CI07; EF07CI14A; EF08CI15; EM13CNT202; EM13CNT204; EM13CNT301

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE03B; EF06GE03C; EF06GE32\*; EF06GE13

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 1.3; 3.4; 3.5; 3.8; 4.6; 6.8; 9.8.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 1.4; 1.7; 2.3; 1.5; 2.4; 3.1; 3.2; 3.5; 5.8; 10.2; 10.3.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.3; 1.4; 3; 4.1; 4.11; 7.1.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 1; 2; 3; 4; 9.

## PPI 12

Identificar e/ou correlacionar etapas e processos superficiais e subterrâneos do ciclo hidrológico.

**Onde pode ser realizada?** Nas proximidades de corpos hídricos superficiais (sejam rios, riachos, quedas d’água ou represas) ou estruturas de travessias sobre os corpos hídricos ou, ainda, em mirantes e complexos de turismo e lazer instalados em pontos altos de unidades de relevo,

que permitam a observação dos corpos hídricos na paisagem.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF08CI16; EF09CI01; EF09CI03; EM13CNT101; EM13CNT204; EM13CNT209.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE04A; EM13CHS103; EM13CHS302.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 3.2; 5.1; 5.4; 5.5; 5.9.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 4.2; 4.3; 7.6.

Conceitos de King (2014): 1.4; 4.5; 4.6.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 3; 4; 5; 10

## PPI 13

Diferenciar ecossistemas aquáticos superficiais lênticos e lóticos.

**Onde pode ser realizada?** Deve-se associar diferentes locais como rios, riachos e lagoas, represas, para estudos comparativos entre ecossistemas lênticos e lóticos.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI07; EM13CNT202.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE04A; EF06GE05.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 3.5; 5.5; 5.9.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 4.3; 7.6.

Conceitos de King (2014): 1.4; 4.5; 4.6.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 4.

## PPI 14

Analisar a qualidade de corpos hídricos, com auxílio dos sentidos, mediante aspectos tais como cor da água, odor, presença de materiais

sobrenadantes como óleos, espumas e resíduos sólidos. Em associado, avaliar e comparar aspectos relacionados ao manejo, à gestão e à conservação dos recursos hídricos superficiais em diferentes contextos/locais para o estudo comparativo entre ambientes mais antropizados e mais conservados. Desse modo, poderão ser feitas inferências quanto aos efeitos das intervenções antrópicas na água e na vida aquática.

**Onde pode ser realizada?** Em diferentes locais, preferencialmente associando mais de um local para viabilizar as comparações: corpo hídrico superficial natural ou artificial; trechos urbanos de corpos hídricos; trechos com e sem floresta ripária; trechos sem ocupação antrópica e com diferentes usos da terra no entorno (moradia, agropecuária; indústria); estações de tratamento de água e de esgoto; galerias fluviais de drenagem urbana; reservatórios de águas para abastecimento público; represas utilizadas para turismo e lazer; pontos de captação de água para abastecimento. Estruturas de travessias como pontes sobre os corpos hídricos facilitam as observações/análises.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF09CI13; EM13CNT104; EM13CNT105; EM13CNT206.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EEF06GE17\*.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 1.3; 3.7; 5.3; 5.5; 6.8; 9.4.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.8; 4.3; 4.6; 5.8; 10.2.

Conceitos de King (2014): 4.5; 4.11; 5.1; 6.2; 7.1.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 1; 4; 8; 9.

## **PPI 15**

Analisar a composição do substrato do corpo hídrico, visualmente ou com ajuda de coletores/dragas, para identificar a presença de rochas, folhas, areia, silte, argila, cascalho, seixos, galhos de árvores e raízes, e correlacionar substrato dos corpos hídricos com a diversidade biológica, destacando a importância dos elementos da geodiversidade nos substratos para alimentação e/ou refúgio de animais. Correlacionar, oportunamente, depósitos de sedimentos e fragmentos rochosos aos processos de transporte fluvial de sedimentos, nas proximidades de lagoas/piscinas naturais formadas por quedas d’água, em aluviões e trechos aluviais de sistemas fluviais.

***Onde pode ser realizada? Onde pode ser realizada?*** Em diferentes locais, preferencialmente associando mais de um local para viabilizar as comparações: corpo hídrico superficial natural ou artificial; trechos urbanos de corpos hídricos; trechos com e sem floresta ripária; trechos sem ocupação antrópica e com diferentes usos da terra no entorno (moradia, agropecuária; indústria); estações de tratamento de água e de esgoto; galerias fluviais de drenagem urbana; reservatórios de águas para abastecimento público; represas utilizadas para turismo e lazer; pontos de captação de água para abastecimento. Estruturas de travessias como pontes sobre os corpos hídricos facilitam as observações/análises.

***Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:*** EF09CI11; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT206; EM13CNT206; EM13CNT301.

***Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:*** EF06GE04A; EF06GE05; EM13CHS105.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 3.2; 3.4; 4.1; 4.8; 5.7; 5.8; 6.2; 6.4; 6.5; 6.7; 6.8; 6.9; 4.8; 5.7; 5.8; 6.9.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 1.5; 3.8; 5.2; 5.4; 5.7; 5.8; 7.8; 7.9; 3.8; 5.7; 7.3; 7.4; 7.5; 7.7.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.4; 4.1; 4.5; 4.10; 4.11

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 3; 4; 9.

## **PPI 16**

Identificar atividades de lazer e turismo associadas a lagos e represas constituídos como reservatórios de água para abastecimento urbano, analisando impactos sobre a conservação dos recursos hídricos e da biota. Propor soluções para geo e bioconservação.

***Onde pode ser realizada?*** Em corpos hídricos naturais e/ou artificiais utilizados para turismo, lazer e abastecimento público.

***Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:*** EF07CI08; EF09CI13; EM13CNT105; EM13CNT203; EM13CNT310.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE17\*; EF06GE11; EF06GE30\*; EM13CHS103; EM13CHS104.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wyssession et al. (2010): 3.4; 3.2; 5.3; 6.5; 7.1; 9.4; 9.5; 9.7; 9.8.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.5; 1.3; 8.1.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.4; 4.5; 6.3.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 4; 6; 8; 9.

## PPI 17

Identificar os usos múltiplos dos recursos hídricos ou do solo nas proximidades de corpos hídricos, suas finalidades diversas (tais como moradia, agricultura, pecuária, pesca, navegação e recreação). Comparar o grau de interferência antrópica nos corpos hídricos, mediante a existência de barramentos, canalizações, pontes, captações de água, emissários ou meios de transporte. Nas proximidades de corpos hídricos naturais e/ou artificiais utilizados para turismo, lazer e abastecimento público. Estruturas de travessias como pontes sobre os corpos hídricos facilitam as observações/análises. Avaliar os impactos sobre a geo e biodiversidade.

**Onde pode ser realizada?** Em diferentes locais, preferencialmente associando mais de um local para viabilizar as comparações: corpo hídrico superficial natural ou artificial; trechos urbanos de corpos hídricos; trechos com e sem floresta ripária; trechos sem ocupação antrópica e com diferentes usos da terra no entorno (moradia, agropecuária; indústria); estações de tratamento de água e de esgoto; galerias fluviais de drenagem urbana; reservatórios de águas para abastecimento público; represas utilizadas para turismo e lazer; pontos de captação de água para abastecimento. Estruturas de travessias como pontes sobre os corpos hídricos facilitam as observações/análises.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI03; EF07CI08; EM13CNT105; EM13CNT307; EM13CNT310.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE17\*; EF06GE06; EF06GE19\*; EF06GE28\*; EF06GE29\*; EF06GE30\*;

EM13CHS103; EM13CHS303; EM13CHS304.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 3.4; 3.2; 5.3; 6.5; 7.1; 7.5; 7.6; 9.1; 9.4; 9.5; 9.7; 9.8.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 1.5; 1.8; 8.1; 8.4.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.4; 4.5; 5.1; 6.3.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 4; 6; 8; 9.

## PPI 18

Observar a ocorrência de boçorocas e erosão e relacionar com a declividade do terreno, a cobertura florestal, o uso e a ocupação do solo. Os estudantes podem identificar pontos de erosão do solo nas margens ou nas proximidades dos ambientes aquáticos, ocorrência de assoreamento e correlacioná-los com a presença/ausência de floresta ripária.

**Onde pode ser realizada?** Em mirantes e complexos de turismo e lazer instalados em pontos altos de unidades de relevo, que permitam a observação de áreas sujeitas a processos erosivos. Importante comparar as ocorrências em diferentes condições de uso e ocupação do solo. Preferencialmente, deve-se associar mais de um local para viabilizar as comparações: trechos urbanos e rurais de corpos hídricos; trechos com e sem floresta ripária; trechos sem ocupação antrópica; trechos com diferentes usos da terra no entorno (moradia, turismo, agropecuária, indústria).

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI08; EF09CI12A; EF09CI12B; EF09CI13; EM13CNT203; EM13CNT204; EM13CNT306.

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE04B; EF06GE06; EF06GE11; EF06GE19\*; EF06GE28\*; EF06GE29\*; EF06GE30\*; EM13CHS103; EM13CHS304.

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 4.8; 5.7; 5.8; 6.8; 6.9; 8.1; 8.3; 8.4; 8.5; 8.7; 9.1; 9.6.

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.8; 3.8; 5.7; 5.8; 7.3; 7.4; 7.5; 7.7; 9.1; 9.3; 9.4; 9.6.

Conceitos de King (2014): 4.11; 5.1; 6.1; 6.2.

Princípios de LaDue & Clark (2012): 4; 6; 8; 9.

## PPI 19

Observar a presença de floresta ciliar em corpos hídricos e caracterizá-la quanto à extensão e ao estágio de sucessão ecológica, por meio da observação de estratos vegetais. Observar a presença e a diversidade de plantas e animais associados a corpos hídricos, relacionando a presença e a diversidade da vida ao estado de conservação da floresta ripária.

**Onde pode ser realizada?** Em diferentes locais, preferencialmente associando mais de um local para viabilizar as comparações: corpo hídrico superficial natural ou artificial; trechos urbanos de corpos hídricos; trechos com e sem floresta ripária; trechos sem ocupação antrópica e com diferentes usos da terra no entorno (moradia, agropecuária; indústria); estações de tratamento de água e de esgoto; galerias fluviais de drenagem urbana; reservatórios de águas para abastecimento público; represas utilizadas para turismo e lazer; pontos de captação de água para abastecimento. Estruturas de travessias como pontes sobre os corpos hídricos facilitam as observações/análises.

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF07CI07; EF08CI16; EF09CI12A; EF09CI12B; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT301

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE04B; EF06GE11

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“*Big ideas*” de Wysession et al. (2010): 3.4; 6.8; 6.9; 9.4

“*Ideas claves*” de Pedrinaci et al. (2013): 1.5; 5.7; 5.8

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.3; 4.11

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2

## PPI 20

Observar características dos solos em superfície (horizonte O) e correlacioná-las com a declividade do relevo, a densidade do dossel

acima do ponto e a presença e característica da serrapilheira. Observar a presença e a característica da serrapilheira, analisando a quantidade de material formador. Também podem observar a diferença entre as camadas mais superficiais de folhas soltas e não decompostas e a camada abaixo desta, composta por matéria escura de folhas já decompostas. Estudar a importância da decomposição da serrapilheira para ciclagem dos nutrientes. Associar a importância da cobertura vegetal para conservação do solo. Os estudantes podem, ainda, relacionar dados climáticos da região, tais como temperatura, umidade e pluviosidade.

**Onde pode ser realizada?** Em locais onde seja possível manusear e realizar práticas diretamente com o solo: praças e bosques urbanos, Unidades de Conservação, Empreendimentos agrícolas, perfis de solo aflorantes em cortes de estradas vicinais. Preferencialmente, deve ser realizada em mais de um local, associando os locais que façam diferentes usos do solo e em que o solo esteja em diferentes condições (pavimentado, com cobertura vegetal, em uso agrícola, dentre outros).

**Tópicos curriculares em Ciências da Natureza e suas Tecnologias correlacionados:** EF06CI01; EF06CI02; EF07CI02; EF07CI04; EF07CI12; EF08CI14; EF08CI16; EM13CNT105; EM13CNT301

**Tópicos curriculares em Geografia correlacionados:** EF06GE03B; EF06GE03C; EF06GE04B; EF06GE10; EF06GE32\*; EF06GE13

Contributos para a alfabetização em Ciências da Terra:

“Big ideas” de Wyssession et al. (2010): 3.2; 3.4; 4.6; 9.1; 9.3; 9.5; 9.7; 9.7; 9.8.

“Ideas claves” de Pedrinaci et al. (2013): 1.3; 1.5; 1.8; 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 7.4.

Conceitos de King (2014): 1.2; 1.3; 1.4; 4.1; 5.1; 6.2

Princípios de LaDue & Clark (2012): 2; 3; 4; 5; 8; 9.

## Discussão

A proposição das PPI buscou evidenciar os potenciais das AESA para integrar os elementos da diversidade geológica, biológica, cultural e elementos históricos do território na aprendizagem de conceitos considerados fundamentais à alfabetização em Ciências da Terra. Desse

modo, reitera-se o potencial das AESA para ensino de Ciências da Terra em ambientes naturais como praias, rios, cavernas, montanhas, lagoas, afloramentos rochosos, fontes termais, cachoeiras, cânions (Moreira, 2014) ou em ambientes urbanizados como monumentos e centros históricos (Del Lama, Bacci, Martins, Garcia, & Dehira, 2015, Augusto & Del Lama, 2011), igrejas e cemitérios (Kuzmickas & Del Lama, 2015, Liccardo & Grassi, 2014, Mucivuna, Del Lama, & Garcia, 2016.) ou parques e afloramentos rochosos integrados às cidades (Fontana, Menegat, & Misuzaki, 2015).

As PPI propostas nesse estudo possuem diversas correlações com os referenciais de Educação em Ciências da Terra. Foram utilizados os documentos de Wysession et al. (2010), Pedrinaci et al. (2013), King (2014) porque se observam, nos referenciais para a alfabetização em Ciências da Terra, tópicos em comum e particularidades a cada uma das publicações, de modo que ao correlacioná-los se evidencia a complementariedade existente (Ponte & Piranha, 2020). Ademais, buscando que as práticas favorecessem a perspectiva sistêmica, foram feitas associações aos Princípios Essenciais de Ciência do Sistema Terra de Ladue & Clark (2012). Conforme destacado por Wysession et al. (2010) e por Pedrinaci et al. (2013), esses documentos foram constituídos justamente para orientar ações educativas em Ciências da Terra: na criação de materiais educacionais e na organização de exposições, acervos e atividades educativas em contextos de ensino e aprendizagem formais (escolares) e não formais (museus e centros de ciência).

Além disso, evidenciou-se que diversos tópicos curriculares podem ser abordados pelas PPI, desse modo, possibilitando a inserção de conhecimentos geocientíficos na educação básica e de modo integrado aos currículos vigentes, no caso deste estudo, o Currículo Paulista, elaborado à luz da BNCC, e que possui grande similaridade com os demais currículos estaduais. Tendo em vista a pulverização do conhecimento geocientífico dentre as disciplinas e anos/séries no Currículo Paulista (Ponte, Camargo, & Piranha, 2020), cumpre destacar que o próprio currículo possibilita e até mesmo encoraja os docentes a realizarem outros agrupamentos e organização das habilidades ao do Ensino Fundamental, em atenção ao contexto local, destacando que “os agrupamentos propostos não devem ser tomados como modelo obrigatório para o desenho dos currículos” (Brasil, 2018, p. 29).

Alguns fatores limitam as AESA na educação básica, como a sobrecarga de trabalho dos docentes, o calendário e as metas escolares (Ponte et al., 2018). Por isso, é fundamental vincular a proposição de PPI às habilidades curriculares. Nesse contexto, valendo-se dessa diretriz estabelecida pela BNCC de realizarem-se agrupamentos alternativos das habilidades que compõem a Base, cada PPI pode oportunizar práticas interdisciplinares e a abordagem de diversas habilidades a cada prática realizada, otimizando o cronograma docente no cumprimento de metas escolares.

Ademais, as AESAs rompem com a ideia de educação como uma atividade passiva, que ocorre apenas na sala de aula e no período da educação escolar (Orr, 2006a, 2006b), possibilitando que a aprendizagem ocorra em contextos e ambientes diversos (Liccardo, Alessi, & Pimentel, 2018). Dessa forma, a aprendizagem das CT pela sociedade em geral é potencializada, ampliando o alcance de seu ensino e a divulgação a um maior número de pessoas (Liccardo et al., 2015, 2018). A indicação de possíveis locais para realização das PPI é importante para fomentar o uso das AESA pelos docentes, pois, o ensino escolar ocorre predominantemente em sala de aula e quando ocorre em ambientes externos predominam três lugares de aprendizagem: museus, jardins e parques (Avci & Gümüş, 2020). Aspectos logísticos e de custeio das AESAs podem limitar sua realização e condicionar que elas se deem nas proximidades da unidade escolar, sobretudo em comunidades mais carentes ou com restrições orçamentárias (Gomes et al., 2020).

Assim, espera-se que as práticas aqui propostas, ao integrar elementos que ocorrem em espaços urbanos e periurbanos e contribuam para a consecução das habilidades curriculares, possibilitem uma maior adoção de AESA como estratégias de ensino pelos educadores, e, em consequência, que os conhecimentos necessários à Educação em Ciência do Sistema Terra sejam abordados na educação básica.

## Considerações Finais

Os elementos naturais e construídos elencados são comumente encontrados nos ambientes urbanos, inclusive nas proximidades de pontos turísticos ou de escolas. Desse modo, as PPI propostas neste estudo, que integram tais elementos, podem ser desenvolvidas por profissionais e/ou iniciativas da educação e do turismo.

A análise comparativa entre os elementos naturais e construídos, as PPI e os documentos e diretrizes internacionais de alfabetização em Ciências da Terra evidenciou a contribuição do estudo para maior difusão das práticas de ensino e divulgação das Ciências da Terra.

Além disso, ao correlacionar habilidades do currículo escolar oficial aos demais parâmetros, reiterou-se os potenciais para inserção das CT na educação básica, possibilitando o uso de ambientes externos para atividades educativas e lúdicas, sem prescindir do cumprimento das diretrizes curriculares. Em contextos não formais de ensino e aprendizagem, as PPI podem ser utilizadas por iniciativas de divulgação geocientífica e por atividades turísticas como o turismo cultural, pedagógico e o geoturismo, fortemente relacionadas à busca por experiências culturais e de aprendizagem pelos seus participantes.

## Agradecimento

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

## Referências

- Alon, N. L., & Tal, T. (2015). Student Self-Reported Learning Outcomes of Field Trips: The pedagogical impact. *International Journal of Science Education*, 37(8), 1279-1298. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1034797>.
- Augusto, W. C. B., & Del Lama, E. A. (2011). Roteiro geoturístico no centro da cidade de São Paulo. *Terrae Didactica*, 7(1), 29-40. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v7i1.8637439>.
- Avci, G., & Gümüş, N. (2020). The effect of outdoor education on the achievement and recall levels of primary school students in social studies course. *RIGEO*, 10(Special Issue 1), 171-206. DOI: <https://doi.org/10.33403/ri-geo.638453>.
- Becker, C., Lauterbach, G., Spengler, S., Dettweiler, U., & Mess, F. (2017). Effects of regular classes in outdoor education settings: A systematic review on students' learning, social and health dimensions. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 14(5), 485. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14050485>.
- Behrendt, M., & Franklin, T. (2014). A review of research on school field trips and their value in education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 9(3), 235-245. DOI: <https://doi.org/10.12973/ijese.2014.213a>.
- Brasil (2014). *Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação-PNE e dá outras providências*. Brasília-DF. *Diário Oficial da União*.
- Brasil (2017). *Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017. Diário Oficial da União*.

- Brasil. Ministério da Educação. (2017). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica. 326p. URL: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso 10.05.2023.
- Chaves, R. S., Moraes, S. S. de, & Lira-da-Silva, R. M. (2018). Por que ensinar tempo geológico na educação básica?. *Terræ Didática*, 14(3), 233-244. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i3.8652309>.
- Del Lama, E. A., Bacci, D. D. C., Martins, L., Garcia, M. G. M., & Dehira, L. K. (2015). Urban geotourism and the old centre of São Paulo City, Brazil. *Geoh Heritage*, 7, 147-164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0119-7>.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1997). School field trips: Assessing their long-term impact. *Curator: The Museum Journal*, 40(3), 211-218. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.1997.tb01304.x>.
- Fontana, R. C., Menegat, R., & Mizusaki, A. M. P. (2015) Geoconservação em grandes cidades e proposição dos itinerários geológicos de Porto Alegre. *Geociências*, 34(4), 897-918. URL: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9039/8304>. Acesso 08.05.2023.
- Gomes, C. H., Sperandio, D. G., Borges, N. P., Soares, D. T., Silva, G. S. N. da, & Dias, G. P. (2020). Lugares geoeducativos da cidade de Caçapava do Sul (RS) para estudo de Geologia no ensino médio. *Terræ Didática*, 16, e020032. DOI: 10.20396/td.v16i0.8658837.
- Hammerman, D. R., & Hammerman, W. M. (1973). *Teaching in the outdoors*. 2. Ed. Califórnia, EUA: Burgess Publishing Company.
- Gomes, J. A. T., & Sanchez, E. A. (2018). Geogame: uma alternativa lúdica para o ensino de geociências. *Revista Espinhaço*, 7(1): 46-52. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3954939>.
- King, C. (2015). International Geoscience Syllabus and its development. *Episodes*, 38(1): 57-74. DOI: 10.18814/epiugs/2015/v38i1/008.
- Kuzmickas, L., Del Lama, E. A. (2015). Roteiro Geoturístico pelo cemitério da consolação, São Paulo. *Geociências*, 34(1), 41-54. URL: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/9734>. Acesso 08.05.2023.
- LaDue, N. D., & Clark, S. K. (2012). Educator perspectives on Earth system science literacy: Challenges and priorities. *Journal of Geoscience Education*, 60(4), 372-383. DOI: <https://doi.org/10.5408/11-253.1>.
- Liccardo, A., Alessi, S. M., & Pimentel, C. S. (2018). Patrimônio geológico, divulgação e educação geocientífica no estado do Paraná, Brasil. *Terr@ Plural*, 12(3), 404-417. URL: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/12516>. Acesso 08.05.2023.
- Liccardo, A., Pimentel, C. S., Guimarães, G. B., Pidhorodecki, G., Almeida, S. A. de, Alessi, S. M., Oliveira, M., & Carneiro, R. T. (2016). Exposição de conteúdos geocientíficos como possibilidade de Educação em Patrimônio Geológico. *Terræ Didática*, 11(3), 182-188. DOI: 10.20396/td.v11i3.8643646.
- Liccardo, A., Grassi, C. (2014). Geodiversidade no Cemitério Municipal de Curitiba como elemento cultural em análises de patrimônio. *Geonomos*, 22(1), 48-57. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v22i1.293>.
- Marques, L., & Praia, J. (2015). Educação em ciência: atividades exteriores à sala de aula. *Terræ Didática*, 5(1), 10-26. DOI: <https://doi.org/10.20396/>

- td.v5i1.8637493.
- Mazzioni, S. (2013). As estratégias utilizadas no processo de ensino-aprendizagem: concepções de alunos e professores de ciências contábeis. *ReAT*, 2(1), 93-109. DOI: <https://doi.org/10.15210/reat.v2i1.1426>.
- Moreira, J. C. (2014). *Geoturismo e interpretação ambiental*. Ponta Grossa: Ed. UEPG.
- Mucivuna, V. C., Del Lama, E. A., & Garcia, M. D. G. M. (2016). Propostas de roteiros geoturísticos para as fortificações do litoral paulista. *Geonomos*, 24(2), p. 287-292. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v24i2.898>.
- Orr, D. W. (2006a). Lugar e Pedagogia. In Stone, M. K., & Barlow, Z (orgs.). *Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável*. Cultrix. p. 114-124.
- Orr, D. W. (2006b). Reminiscências. In: Stone, M. K., & Barlow, Z (orgs.). *Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável*. Cultrix. p. 125-136.
- 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. *Razónanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), p. 117-129. URL: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/274145/362238>. Acesso 08.05.2023.
- Ponte, M. L., Camargo, R. P. de, & Piranha, J. M. (2020). Ciência do Sistema Terra no Currículo Paulista: novo currículo, questões recorrentes. *Ciência & Tecnologia*, 12(1), 166-170. URL: <https://citec.fatecjab.edu.br/index.php/citec/article/view/136>. Acesso 08.05.2023.
- Ponte, M. L. da, & Piranha, J. M. (2020). Ciências da Terra no currículo do Estado de São Paulo : uma abordagem reflexiva. *Terrae Didactica*, 16, e020005. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v16i0.8656550>.
- Ponte, M. L.. (2022). *Ensino e divulgação das Ciências da Terra no Circuito das Águas Paulista : integrando elementos da diversidade geológica, biológica e cultural*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. (Tese Dout.).
- Rebello, D. H. V. (2014). *Desenvolvimento profissional de professores de ciências: um estudo no contexto da geologia*. Aveiro: Universidade de Aveiro, Departamento de Educação. (Tese Dout.).
- Rebello, D., Marques, L., & Costa, N. (2011). Actividades en ambientes exteriores al aula en la Educación en Ciencias: contribuciones para su operatividad. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1), 15-15. URL: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/244375/331347>. Acesso 08.05.2023.
- Roberts, A., Hinds, J., & Camic, P. M. (2020). Nature activities and wellbeing in children and young people: A systematic literature review. *Journal of Adventure and Outdoor Learning*, 20(4), 298-318. DOI: <https://doi.org/10.1080/14729679.2019.1660195>.
- São Paulo (Estado). (2019). *Currículo Paulista*. SEESP/UNDIME.
- São Paulo (Estado). (2020). *Currículo Paulista: Ensino Médio*. SEESP/UNDIME.
- Vieira, T. C., Velloso, A., & Rodrigues, A. P. C. (2016). Estudo de caso sobre ensino de Geociências em uma turma de ensino fundamental da rede privada de Duque de Caxias, RJ. *Terrae Didactica*, 12(3), p. 153-162. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v12i3.8647892>.

- White, M. P., Alcock, I., Grellier, J., Wheeler, B. W., Hartig, T., Warber, S. L., Bone, A., .... H., & Fleming, L. E. (2019). Spending at least 120 minutes a week in nature is associated with good health and wellbeing. *Scientific Reports*, 9(7730), 1-11.
- Wysession, M., Taber, J., Budd, D. A., Campbell, K., Conklin, M., LaDue, N., Lewis, G., Reynolds, 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.

## Autores (Vol.1)

### ANDRÉ MUNHOZ DE ARGOLLO FERRÃO

Professor Titular do Departamento de Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela FAU-USP, Mestre em Engenharia Agrícola pela Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, Engenheiro Civil, Arquiteto e Urbanista. Professor do Programa de Pós-graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, IG-Unicamp. Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, FECFAU-Unicamp. Coordenador do Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Ceped-Unicamp. Pesquisador do Cepagri-Unicamp. Coordenador do Projeto Arquitetura do Café. Tem experiência nas áreas de desenvolvimento territorial integrado, planejamento urbano e arquitetura rural, patrimônio ambiental e paisagem cultural, gestão integrada de bacias hidrográficas, projetos territoriais e arquitetônicos, planejamento da paisagem, desenvolvimento local e regional sustentável, resiliência e redução do risco de desastres, técnicas construtivas, materiais alternativos e tecnologia apropriada.

### ARIEL MILANI MARTINE

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade do Grande ABC (2005), mestrado em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas (2014) e doutorado em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas (2018). Atualmente é professor de Paleontologia na Universidade Estadual do Norte do Paraná. Tem interesse em Paleontologia de vertebrados, Paleontologia de invertebrados e Paleobotânica.

### BEATRIZ BELOTO

Graduação em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Fundação Santo André (2006) e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

### CAIO HENRIQUE PIRES ROCHA

Possui graduação em Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (2020). Atualmente é professor da rede estadual de educação básica.

### CAROLINA ZABINI

Possui graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2004), mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2007), doutorado em Programa de Pós-Graduação em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2011) e pós-doutorado pela USP (2012-2014). Já atuou como docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2013-2016). Atualmente é professora do Instituto de Geociências da Unicamp, no Departamento de Geologia e Recursos Naturais. Atua como coordenadora de extensão do Instituto. Pesquisa os seguintes temas: invertebrados do paleozoico, lingúlídeos, extinção ordoviciana, educação não-formal e ensino de Paleontologia. Utiliza-se de ferramentas como tafonomia, taxonomia, Raman, MEV, estatística, aprendizado de máquina e cientometria. Tem realizado divulgação científica de Geociências coordenando o Programa Tempo Profundo.

**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, História 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.

**DAYANE GOMES DA SILVA** 

Possui graduação em Geociências e Educação Ambiental pela Universidade de São Paulo (2015) e Mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Campinas (2018). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geociências.

**DENISE DE LA CORTE BACCI** 

Professora associada do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Possui graduação em Geologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Rio Claro (1990), mestrado em Geociências e Meio Ambiente pela UNESP (1995) e doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela UNESP (2000). Pós-doutorado em Engenharia Mineral pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2004). Pós-Doutorado na Faculdade de Educação (2016) na área de Formação de Professores. Áreas de pesquisa: formação de professores em Ciências da Terra e Ensino de Geociências e Educação Ambiental.

**DIEGO ARIAS REGALÍA** 

Doutor em Geologia e Professor de Física, é professor e pesquisador da Universidade de Buenos Aires. Dedicou-se à pesquisa em Didática das Ciências Naturais em geral e da Terra em particular, especializando-se na formação de professores. Também leciona na Escola de Professores Primários da cidade de Buenos Aires e realizou atividades de assessoria e proposição de ações de formação de professores para a Direção Nacional de Educação Secundária e a Direção Nacional de Tecnologia Educacional do Ministério da Educação da República Argentina, e para a Escola de Professores da Cidade de Buenos Aires. É membro de várias organizações nacionais e internacionais ligadas às Ciências da Terra e seu ensino, sendo co-fundador do Capítulo Latino-Americano da Organização Internacional de Educação em Geociências (Laigeo) e da Rede de Educadores de Ciências da Terra da Argentina (Redcítia). Dirige o grupo de pesquisa DidacTerra no Ensino de Ciências da Terra na Universidade de Buenos Aires. Realizou atividades de divulgação, extensão e articulação na área da educação científica, estabelecendo pontes com instituições e programas de

formação de professores em diferentes áreas (Comissão Nacional de Energia Atômica, Programa Connect Equality, Escola de Professores, Fundação Fundalma). Dirige a revista digital *Escritos Pedagógicos del Normal 3* e participa do processo de reforma da Estrutura Curricular do ensino fundamental da Cidade de Buenos Aires (2023), como especialista em Ensino de Ciências Naturais.

**ELIANE APARECIDA DEL LAMA** 

Geóloga, professora associada do Instituto de Geociências da USP (IGc-USP). Mestre (1993) e Doutora (1998) pela UNESP (Rio Claro), estágio de doutorado (1994) na Université Libre de Bruxelles e pós-doutorado (1998-2001) no IGc-USP. Especialização (2011) em Conservação da Pedra no International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM) em Roma. Pesquisadora do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas). Criação, com outros colegas, da linha de pesquisa Geoconservação no IGc-USP. Áreas de interesse: Geociências, com ênfase em Mineralogia Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: conservação da pedra, geoturismo urbano, mineralogia e petrografia.

**FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE ALMEIDA [1916-2013]**

Membro da Academia Brasileira de Ciências e um dos mais respeitados geólogos do país, nasceu no Rio de Janeiro em 1916. Desenvolveu brilhante carreira acadêmica na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, após graduar-se em Engenharia Civil (1939), tendo assumido a Cátedra em Mineralogia, Petrografia e Geologia, por concurso realizado em 1962. Sua tese de Livre-Docência focalizou a Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. Aposentado pela Escola Politécnica da USP em 1974. Atuou junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral. Entre 1974 e 1978 foi docente do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Em 1978 ingressou no Instituto de Pesquisas Tecnológicas, até aposentar-se em 1995. Em sua longa vida profissional percorreu o País, publicou 238 trabalhos científicos sobre vários temas das Geociências e capítulos de livros, no Brasil e exterior, além de 12 artigos de divulgação científica e tecnológica. Foi fundador e editor-chefe da *Revista Brasileira de Geociências* (1971-1975). As distinções recebidas incluem: *Prêmio José Bonifácio de Andrada e Silva*, medalha de ouro conferida pela Sociedade Brasileira de Geologia (1963). Prêmio Almirante Álvaro Alberto para a Ciência e Tecnologia, conferido em 1986 pelo Ministro da Ciência e Tecnologia, em conformidade com o CNPq, pela relevante contribuição na área de Ciências da Terra. Vice-Presidente da *Société Géologique de France* (1971-1972), Vice-Presidente da *International Union of Geological Sciences* (1980-1982). Doutor Honoris Causa pela Universidade Estadual de Campinas (1991) e Medalha de Mérito do Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura (1995). Homenageado em 2004 com a criação da Medalha de Ouro Fernando Flávio Marques de Almeida pela Sociedade Brasileira de Geologia, a ser entregue no Congresso Brasileiro de Geologia ao autor do melhor trabalho em Geociências publicado no país nos últimos dois anos. Título de Professor Emérito concedido em 2006 pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

**FRESIA RICARDI-BRANCO** 

Professora do Instituto de Geociências, Unicamp. Desenvolve pesquisas em várias áreas da Paleontologia. Pesquiso tópicos, como tafonomia de vegetais (floras recentes e fósseis), bioclastos de carbonato e diagênese de fósseis (vertebrados e plantas). No Quaternário, desenvolve estudos palinológicos. Atualmente, realiza pesquisas sobre MISS associadas a icnofósseis. Outro campo de pesquisa que vem explorando nos últimos anos é o uso de metodologias

estatísticas na amostragem e análise de dados de fósseis. No campo da divulgação da Paleontologia as pesquisas são focadas na produção de material didático de qualidade para a divulgação da riqueza fóssil do Brasil e da variedade da vida que foi registrada na forma de fóssil. Para desenvolver as pesquisas conta com a colaboração de alunos de graduação e pós-graduação, bem como de colegas de paleontólogos e de outras áreas afins. Desde 2000 faz parte do corpo docente da UNICAMP onde tem lecionado a disciplina de Paleontologia para os cursos de Geologia e Ciências biológicas, sozinha ou em colaboração. Também leciona e orienta nos programas de pós-graduação de Geociências e de Ensino e História de Ciências da Terra do IG-Unicamp.

#### **GIORGIO BASILICI**

Geólogo (1986) pela *Universit  di Perugia* e Doutor em Ciências da Terra (1993) pela *Universit  degli Studi di Bologna*. Pós-doutorado na *Universit  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 Conicet (Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnicas) de Argentina em junho de 2014. Sediment logo de material clástico, atualmente estuda: i) relações entre processos deposicionais e pedogenéticos em sistemas fluviais antigos; ii) sistemas eólicos proterozoicos.

#### **GISELE FRANCELINO MIGUEL**

Geóloga pela Universidade Estadual de Campinas (2012), Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Campinas (2018), e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, do Instituto de Geociências, da Universidade Estadual de Campinas. Desenvolve pesquisa no campo da educação em Geociências, com ênfase no ensino superior. Atualmente trabalha com o desenvolvimento do raciocínio geológico em uma interface entre geociências, neurociência cognitiva e taxonomias por objetivos de ensino-aprendizagem.

#### **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 ciência brasileira e conscientizar cidadãos sobre a importância da Geologia e do recurso  gua.

#### **JOSÉ ROBERTO SERRA MARTINS**

Possui bacharelado e licenciatura em Química (1990), graduação em Engenharia Química (1991), licenciatura em Ciências Biológicas (1997), licenciatura em Geografia (2002), bacharelado em Antropologia (2009) e licenciatura em Ciências Sociais (2011); todas as graduações pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Possui mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra (2010) e mestrado em Química (2014) pela Universidade Estadual de Campinas, bem como doutorado em Ensino e História de Ciências da Terra (2014) e em Química Analítica (2020) pela mesma universidade. Cumpriu

estágio pós-doutoral em Geociências na Universidade de Aveiro, Portugal (2017). Atualmente é professor efetivo do Instituto Federal de São Paulo, São João da Boa Vista (SP).

**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.

**MARCIA HELENA RIBEIRO** 

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade de Uberaba em 1985 e Licenciada em Física pela Universidade de Franca em 1998. Especialista em Física pela Universidade Federal de Uberlândia. Mestre em Ensino de Ciência na área Ensino de Física pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul em 2015. Doutora em Ciências em 2021 pelo Programa de Ensino e História de Ciências da Terra do Instituto de Geociências da Unicamp. Atualmente é professora de Física e Desenho Técnico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - Campus Coxim. Atua nas linhas de pesquisa: Ensino de Ciências/Ensino e História das Ciências da Terra e Secagem de alimentos utilizando a Energia Solar. Em 2012 ingressou no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, onde ministra a disciplina de Física para os Cursos Técnicos Médio Integrado em Desenvolvimento de Sistemas, Aquicultura e Alimentos. Ministrou a disciplina de Desenho Técnico para o Curso Técnico médio integrado em Alimentos. Desenvolve o projeto de ensino "Mostra de Física", evento anual realizado com estudantes do IFMS para apresentar aplicações da Física no cotidiano, com material de baixo custo.

**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.

**PATRÍCIA ELISA DO COUTO CHIPOLETTI ESTEVES** 

Bióloga, com Mestrado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba (Univap), e Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação Multidisciplinadas em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente, é Professora Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra, do Instituto de Geociências da Unicamp. Durante sete anos foi Professora de Ciências Naturais no Ensino Fundamental II. Além disso, atua há 40 anos, como voluntária, em uma Organização não-Governamental, tendo implantado um Programa de Educação não-Formal para atender, no contraturno, crianças de escolas públicas em situação de vulnerabilidade social. Sempre se interessou pela promoção do ensino de Ciências Naturais às crianças. Nesse contexto, seus estudos e pesquisas têm como foco: a formação de professores de Ciências Naturais; as condições de acesso das crianças ao conhecimento científico, bem como os currículos e programas oficiais dessa área do conhecimento.

**RAFAEL A. RIBEIRO** 

Professor da disciplina de Ciências, no Ensino Fundamental II, da rede Municipal de Campinas (SP) desde 2018 e mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pela Universidade de Campinas (Unicamp). Defende o uso das artes, de brincadeiras e de atividades lúdicas e exploratórias como forma de atrair o interesse dos jovens pelas Ciências da Natureza, estimular a curiosidade, a criatividade e o pensamento crítico. Tem experiência na organização de exposições, eventos e oficinas de divulgação científica voltados para crianças e adolescentes. Dedicar-se a entender o funcionamento das dinâmicas que ocorrem nos ambientes de educação formal e não-formal e como tornar o processo de aprendizagem desenvolvido nesses locais cada vez mais amigável e prazeroso.

**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. 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.