

Cristina Heredita Gomes / Marco Antonio Fontoura Hansen / Tiago Rafael Gregory
Márcio André Rodrigues Martins / Arthur Pedrosa Viçazzi / Diogo Gabriel Sperandio
Felipe Augusto Fel Zatta Batistelli

Educação Geológica:

Um desafio para as gerações futuras

Coleção Especial

Produtos Educacionais para Inovação
Tecnológica e Metodológica



10

Educação Geológica: Um desafio para as gerações futuras

Coleção

Produtos Educacionais para Inovação Tecnologia e Metodológica no
Ensino de Ciências

Organizadores da Coleção

Ângela Maria Hartmann

Márcio André Rodrigues Martins



Coleção

Produtos Educacionais para Inovação Tecnológica e Metodológica no Ensino de Ciências

Reitor: Edward Frederico Castro Pessano

Vice-Reitora: Francéli Brizolla

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação: Fabio Gallas Leivas

Pró-Reitor de Extensão: Franck Maciel Peçanha

Pró-Reitora de Graduação: Elena Maria Billig Mello

Financiamento:

Esta produção recebeu recursos financeiros da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES através do Edital 15/2023 - Programa Inova EaD (chamada para a apresentação de propostas de disseminação de produtos de inovação tecnológica voltados a todos os níveis de educação).

Apoio:

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA

Execução:

Rede de Saberes Articulando Ciência, Criatividade e Imaginação - Rede SACCI

Conselho Editorial:

Daniel Maia

Mateus Matos

Fernando Britto

Hytto Harada

Diagramação:

Hoom Interativa



Este trabalho está licenciado sob CC BY-NC-ND 4.0.
Para ver uma cópia desta licença, visite:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Educação geológica [livro eletrônico] : um desafio para as gerações futuras / Cristina Heredita Gomes...[et al.]. -- Bagé, RS : Hoom Interativa, 2025. -- (Coleção produtos educacionais para inovação tecnológica e metodológica ; 10)
PDF

Outros autores: Marco Antonio Fontoura Hansen, Tiago Rafael Gregory, Márcio André Rodrigues Martins, Arthur Pedrosa Viçazzi, Diogo Gabriel Sperandio, Felipe Augusto Fel Zatta Batistelli.
Bibliografia.
ISBN 978-65-83896-13-1

1. Ciências - Estudo e ensino 2. Geociências - Estudo e ensino 3. Geologia - Estudo e ensino
I. Gomes, Cristina Heredita. II. Hansen, Marco Antonio Fontoura. III. Gregory, Tiago Rafael. IV. Martins, Márcio André Rodrigues. V. Viçazzi, Arthur Pedrosa. VI. Sperandio, Diogo Gabriel. VII. Batistelli, Felipe Augusto Fel Zatta. VIII. Série.

25-278758

CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências : Estudo e ensino : Metodologia 507

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

A todas aquelas pessoas que sonham
em realizar seus desejos — e **CONSEGUEM!**

Prefácio

O livro intitulado *Educação Geológica: um desafio para as gerações futuras*, apresentado por professores, pesquisadores e estudantes do Campus Caçapava do Sul da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, traz uma abordagem em linguagem acessível e sintética, atuando como ferramenta de divulgação das Geociências no Ensino Básico. A obra está dividida em três capítulos principais:

1. Por que estudar Geologia?
2. A Terra como um sistema dinâmico
3. Os desafios para o Ensino de Geociências na Educação Básica

No primeiro capítulo, são apresentadas as diversas ciências e os campos de atuação profissional relacionados à formação e prática do Geólogo ou Geocientista.

O segundo capítulo trata dos minerais, oriundos de elementos ou compostos químicos, como essenciais na formação dos três grandes grupos de rochas: ígneas, metamórficas e sedimentares, os quais se subdividem em subgrupos. O capítulo aborda ainda o ciclo das rochas, com processos como erosão, transporte, deposição e fusão, dentro da dinâmica do planeta Terra. Busca compreender as relações exógenas, envolvendo a Litosfera, Hidrosfera, Atmosfera e Criosfera, bem como as endógenas, que incluem o núcleo interno e externo, o manto inferior e superior e a astenosfera, estruturas responsáveis pelas forças propulsoras que movimentam as placas tectônicas.

Toda essa dinâmica interna e externa resulta em movimentos crustais, como terremotos, maremotos e vulcanismo, implicando em modificações ambientais. O capítulo também apresenta as divisões básicas da escala geológica do tempo, associadas aos seres que habitaram a Terra e deixaram seus registros em forma de fósseis e outros vestígios.

O terceiro capítulo reforça a importância do apoio nos processos de ensino-aprendizagem, com ênfase nas Ciências da Terra, destacando a metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como estratégia eficaz para o ensino dessas temáticas.

Trata-se de um livro com uma ampla coletânea de figuras autoexplicativas e textos curtos, que facilitam a compreensão sobre o planeta em que vivemos.

A todas e a todos, boa leitura!

Marco Antonio Fontoura Hansen

Sumário

Porque estudar Geologia?	7
A Terra como um sistema dinâmico: uma visão geológica do planeta Terra	9
Minerais e rochas: o registro do passado	10
Contextualizando: Rochas Igíneas na região do Pampa Gaúcho	15
Contextualizando: Rochas sedimentares na região do Pampa Gaúcho	19
Contextualizando: Rochas metamórficas na região do Pampa Gaúcho	23
As placas tectônicas e a deriva continental: a dança dos continentes	24
Mecanismos-chave da Tectônica de Placas	27
Limites de Placas Divergentes	28
Limites de Placas Divergentes em Oceanos	29
Limites de Placas Divergentes em Continentes	30
O tempo geológico	31
Os desafios para o ensino de Geociências na Educação Básica	33
Referências	44

Porque estudar Geologia?

A Geologia é uma ciência multidisciplinar que estuda a Terra e sua história. Vivemos em um planeta que está constantemente se modificando, e nossa habilidade de sobreviver como civilização está intrinsecamente relacionada aos processos geológicos que moldam a Terra — como os recursos naturais, terremotos, maremotos, enchentes, mudanças climáticas, questões ambientais, entre outros.

Assim, a Geologia é extremamente importante para o entendimento de todos os materiais naturais dos quais a nossa sociedade depende, como gás, petróleo, metais e materiais de construção. Além disso, tudo o que nos cerca tem relação direta com as Geociências.

A profissão de geólogo tem um caráter fundamental tanto na sociedade quanto na segurança social. A estabilidade geológica e a avaliação do potencial de risco geotécnico em estradas, edifícios e barragens são responsabilidades diretas do geólogo. Além disso, questões enfrentadas pela sociedade contemporânea, como proteção ambiental e remediação, também são desafios da Geologia.

O geólogo tem uma profissão emocionante, que combina trabalho de escritório, de laboratório e ao ar livre. É um verdadeiro “detetive da natureza”, que busca novos recursos naturais e investiga as potencialidades e vulnerabilidades relacionadas ao meio físico.

Os estudantes de Geologia, ao ingressarem no curso, se deparam com a construção do pensamento científico integrado a várias áreas do conhecimento, como astronomia, biologia, química, engenharia, matemática e física. Essas ciências, em um sentido mais amplo, são essenciais para compreender a Terra e suas interações com os diferentes reservatórios naturais: litosfera, hidrosfera, atmosfera, criosfera e biosfera.

A história da Terra, ao longo de seus bilhões de anos de desenvolvimento, fornece informações sobre sua evolução natural e os impactos futuros na vida humana e animal. A Geologia é a única ciência centrada no tempo geológico, abrangendo desde o início do planeta, há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, até os dias atuais.

Além disso, lida com uma complexa combinação de conhecimentos sobre fósseis e indicadores ambientais, reconstruções paleoclimáticas, localização geográfica de oceanos extintos e formação e erosão de cordilheiras.

Os geólogos são protagonistas na utilização e geração de recursos minerais, avaliando como os processos naturais afetam toda a vida na Terra e como os seres humanos interagem com a “mãe natureza” — Gaia.

A Terra como um sistema dinâmico: uma visão geológica do planeta Terra

Desde os primórdios da humanidade, o homem busca compreender o planeta onde habita. Entender os mecanismos capazes de fazer com que um vulcão entre em erupção, ou como tornados, ciclones e terremotos funcionam — e por que são tão catastróficos — intriga o ser humano desde a Antiguidade. Por muito tempo, esses eventos foram atribuídos à fúria dos deuses contra os homens. Hoje, a Geologia busca compreendê-los e explicá-los com base científica.

Podemos dizer que a Terra é um planeta inquieto, que sofre mudanças continuamente. A ideia da Terra como um sistema dinâmico é relativamente recente, e a Geologia, como ciência que busca compreender esses processos, se encarrega de estudar, pesquisar e desvendar esse grande complexo chamado Sistema Terra (Fig. 1).

Desde seu surgimento, há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, a Terra passa por processos de transformação constantes. Essas modificações ocorrem de diversas formas, como nos movimentos da crosta terrestre, que alteram o planeta por meio do surgimento de vulcões, terremotos e maremotos, por exemplo. Tais processos fornecem inúmeras informações sobre a dinâmica interna da Terra.

Já as transformações que ocorrem na superfície do nosso planeta, como o modelamento do relevo terrestre pela ação das águas, ventos, geleiras, rios e tantos outros agentes geológicos, são um reflexo claro dos processos dinâmicos que atuam continuamente sobre ele.

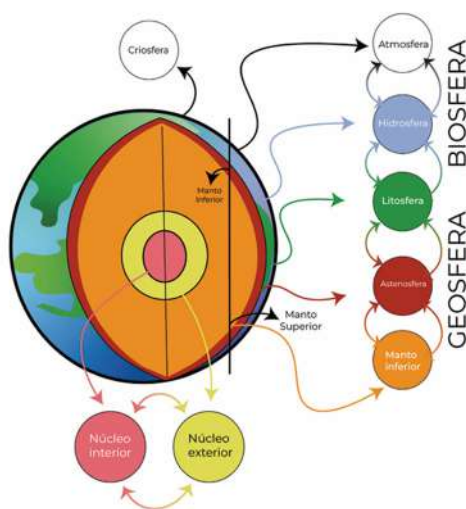


Figura 1. criado a partir de referências dos autores

Minerais e rochas: o registro do passado

Em 1993, Frank C. Hawthorne proferiu a seguinte frase: “Os minerais são a substância básica da Terra e seu estudo sempre permanecerá no coração das Ciências da Terra.”

De forma técnica e precisa, Hawthorne conseguiu exemplificar a importância do estudo da mineralogia para as Ciências da Terra. Os minerais são os constituintes básicos do nosso planeta.

Quando caminhamos no leito de um rio, na areia de uma praia, quando vislumbramos um vulcão, admiramos uma joia, utilizamos um eletrodoméstico, um veículo automotor ou mesmo quando escovamos os dentes — lá estão os minerais, presentes em todas as atividades do nosso cotidiano.

Todos os materiais de construção e os que se encontram no interior de nossas casas têm origem direta ou indireta da Terra e exigiram — e ainda exigem — conhecimentos geocientíficos.

A seguir, vamos compreender melhor a definição de mineral, segundo Klein e Dutrow:

“Um mineral é um sólido de ocorrência natural, com arranjo atômico altamente ordenado e uma composição química homogênea e definida (mas não necessariamente fixa). Minerais, geralmente, são formados por processos inorgânicos.”

Detalhando a definição anterior, tem-se:

- De origem natural: para ser considerado um mineral, ele deve ter sido formado necessariamente por processos naturais.
- Sólido: exclui materiais líquidos e gasosos. Nos sólidos, os átomos ocupam posições fixas em uma estrutura organizada.
- Arranjo atômico altamente ordenado: indica que os átomos e íons estão organizados de forma geométrica, regular e repetitiva na estrutura interna. Ou seja, um mineral sempre apresentará um padrão cristalino definido. Os sólidos que não apresentam essa organização são chamados de amorfos (sem forma estruturada).

- Composição química homogênea e definida (mas não necessariamente fixa): isso significa que cada mineral é descrito por uma fórmula química característica, embora essa composição possa variar ligeiramente com a presença de outros elementos químicos incorporados à estrutura do mineral.
- Forma poliédrica exterior: como consequência do arranjo atômico ordenado, os minerais geralmente apresentam formas poliédricas externas, refletindo sua estrutura cristalina interna.

Os minerais podem ser classificados de acordo com sua composição química. Esse sistema de classificação foi sugerido e desenvolvido por Hugo Strunz em 1935, com base na cristalquímica, e é adotado internacionalmente pela IMA – International Mineralogical Association (Fig. 2).

Os minerais apresentam inúmeras propriedades físicas que possibilitam diversas aplicações na indústria e na ciência. O Anexo I, ao final deste livro, apresenta de forma simplificada algumas das principais propriedades físicas dos minerais.

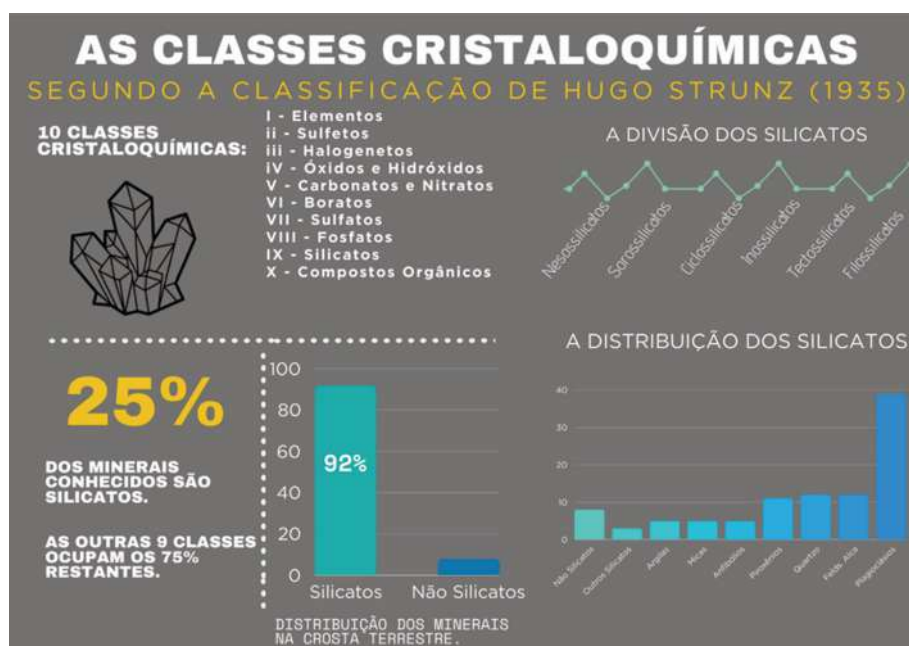


Figura 2. Classes cristalquímicas segundo Strunz (1935)

As rochas estão presentes em praticamente todos os lugares que podemos imaginar: nas calçadas, ruas, paredes, rios, montanhas e até mesmo no espaço, na forma de asteroides. Ao contrário do que muitos pensam, essas rochas não têm a mesma idade.

Portanto, as rochas são formadas por minerais, e estes, por sua vez, por elementos ou compostos químicos.

Os tipos de rochas, originados em diferentes condições ambientais, físicas e químicas, estão ilustrados na Figura 3.



Figura 3. Principais tipos de rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares).

Assim, em comparação com um livro, os elementos ou compostos químicos seriam a tinta, os minerais, as letras, e as páginas, as rochas — cada uma com sua própria história, idade e peculiaridade. Por isso, as rochas são capazes de registrar a história do planeta Terra. Sendo quase como um diário do planeta, elas constituem uma importante ferramenta para a compreensão dos eventos que ocorreram em um passado extremamente distante (milhões ou bilhões de anos atrás).

No entanto, se fosse assim tão simples, compreender a história do planeta não exigiria tanto esforço, e o geólogo não precisaria ser um ser um verdadeiro “detetive da natureza”. Os processos de intemperismo físico e químico, em diferentes graus de intensidade, provocam dissoluções, desgastes e erosões ao longo de milhões de anos, apagando ou transferindo grande parte dessa história para os sedimentos. Muitas vezes, é necessário buscar indícios que contenham a materialidade da prova, seja relacionada à origem dos minerais ou das rochas.

Uma boa definição do termo rocha, segundo Leinz & Campos (1977), é:

“Um agregado natural, sólido, formado por um ou mais minerais ou mineralóides.”

O ramo da Geologia que estuda e compreende as rochas é chamado de Petrologia. Essa área subdivide as rochas em três grandes grupos: ígneas, metamórficas e sedimentares (Fig. 4).



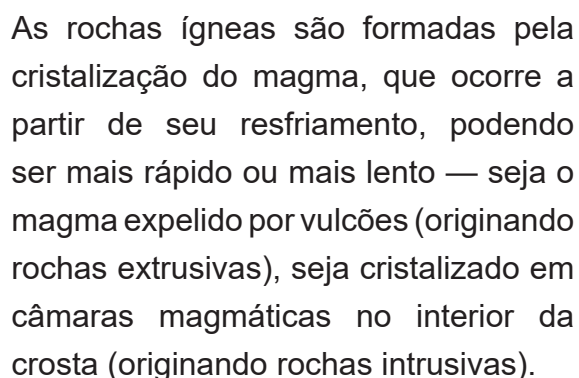
Figura 4. Características dos grupos de rochas.

Na Petrologia, descrevem-se os minerais constituintes das rochas, tanto em amostras de mão quanto com o uso de microscópios petrográficos, instrumentos específicos que permitem observar detalhes de sua estrutura mineralógica.

De acordo com a proporção e o tipo de minerais presentes, as rochas recebem nomes distintos, como: basalto, granito, arenito, conglomerado, coquina, chert, calcário, mármore, anfibolito, entre muitos outros.

Todos esses grupos de rochas podem transformar-se uns nos outros, em um processo que pode levar milhões

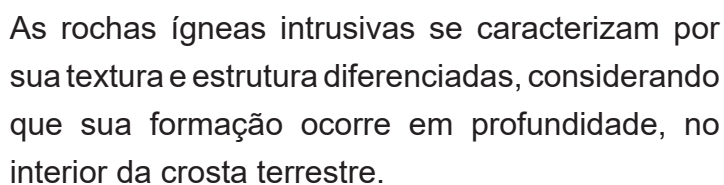
O Ciclo das Rochas é um processo natural e contínuo, responsável pela transformação dos diferentes tipos de rochas — ígneas, sedimentares ou metamórficas — quando estas são submetidas a condições de equilíbrio distintas daquelas em que foram originalmente formadas. Esse ciclo evidencia de forma clara a dinâmica da litosfera terrestre.



Essas rochas são divididas em dois grandes subgrupos, de acordo com sua forma de cristalização.

As rochas ígneas intrusivas (também chamadas de rochas ígneas plutônicas ou abissais) são formadas nas câmaras magmáticas, ou seja, em profundidades consideráveis no interior da crosta terrestre.

Por outro lado, o segundo grande grupo são as rochas ígneas extrusivas, também chamadas de vulcânicas. Como o próprio nome sugere, essas rochas são formadas na superfície terrestre, a partir de eventos como erupções vulcânicas (Fig. 6).



Os processos de cristalização fracionada nessas rochas são mais lentos e vagarosos em comparação com as rochas extrusivas.

13

Essa lentidão deve-se, principalmente, à dificuldade de dissipação do calor e às elevadas pressões nas profundezas da crosta, o que faz com que o magma que dá origem à rocha plutônica cristalize-se lentamente, formando minerais bem desenvolvidos e de tamanho visível a olho nu.

Já os magmas que originam as rochas ígneas extrusivas resfriam-se rapidamente, pois, como descrito anteriormente, são expelidos por vulcões na superfície da Terra. O rápido resfriamento e solidificação do magma se deve ao forte contraste térmico entre a lava (nome dado ao magma que já se encontra na superfície) e a temperatura ambiente, uma vez que os magmas apresentam temperaturas que variam entre 700 °C e 1300 °C.

Dessa forma, as rochas ígneas são classificadas de acordo com os processos que as originaram. Esses processos de formação influenciam diretamente em suas características físicas, químicas e mineralógicas.

Caracteristicamente, as rochas ígneas extrusivas apresentam texturas e estruturas que refletem essa rápida cristalização, como uma matriz cristalina fina, frequentemente com textura criptocristalina, afanítica ou até vítrea (quando o magma extravasa sob um corpo d'água ou gelo).

Por outro lado, as rochas ígneas plutônicas evidenciam uma cristalização magmática lenta, pois, como mencionado anteriormente, formam-se em profundidade na crosta terrestre. Por isso, apresentam uma matriz fanerítica, que pode variar de fina a muito grossa, sendo holocristalina ou hipocristalina, além de outros aspectos texturais e estruturais que as diferenciam das rochas ígneas vulcânicas (Fig. 7).

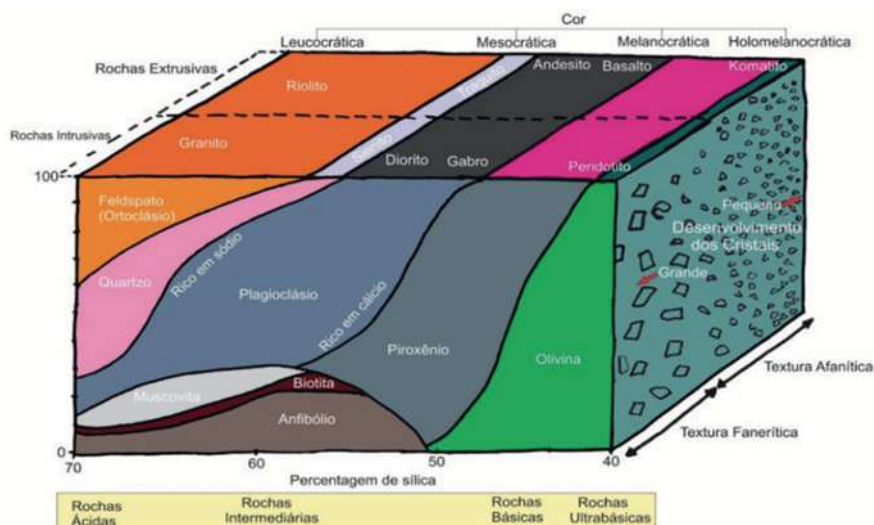


Figura 7. Esquema ilustrativo dos tipos de rochas, mineralogia associada e classificação segundo a porcentagem de sílica, cor e textura.

Contextualizando: Rochas Ígneas na região do Pampa Gaúcho

No Pampa Gaúcho, inserido no domínio geológico do Escudo Sul-Rio-Grandense, ocorrem diversas exposições rochosas de natureza ígnea. Com toda a certeza, pode-se afirmar que, localizado no Arroio Carajá, em Caçapava do Sul, RS, o vulcanismo da Formação Rodeio Velho é uma das mais belas manifestações de um evento vulcânico na região do Pampa (Fig. 8).

O vulcanismo da Formação Rodeio Velho foi descrito por Ribeiro et al. (1966) em seu trabalho intitulado Geologia da quadrícula Caçapava do Sul, desenvolvido em parceria com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.

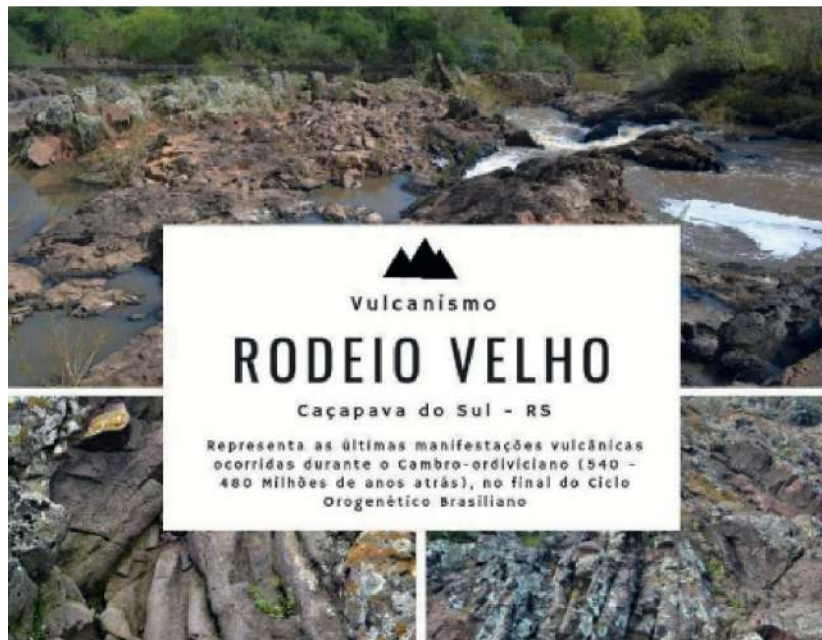


Figura 8. Vulcanismo da Formação Rodeio Velho. Exemplos de rochas ígneas extrusivas.

Ribeiro, em 1966, descreveu o Rodeio Velho como:

“... um evento vulcânico formado por um mínimo de três derrames de andesitos vesiculares, com uma espessura estimada de cerca de 100 metros.”

Lima et al. (2000) caracterizam o vulcanismo de forma esplêndida em sua proposta de criação do Sítio Geológico do Arroio Carajá:

“... têm demonstrado uma complexa estruturação destes depósitos [vulcânicos], com a preservação de estruturas de derrames de lavas compostas dos tipos em corda e aa, e que são aqui detalhadas, identificando-se estruturas de fluxo inflado e do tipo festão em corda. Os derrames ocorrem na forma de lóbulos lenticulares medindo entre 0,5 e 2,0 metros de espessura, contendo lóbulos ocos decimétricos nas porções distais. O topo e a base dos derrames são altamente vesiculados, compondo até cerca de 40% dos depósitos, muitas vezes contendo amígdalas na forma de pipes concentrados nas porções basais. As texturas e estruturas identificadas nestes depósitos representam formas características de derrames de lavas toleíticas hawaianas do tipo pahoehoe...”

Os sedimentos são o produto da ação dos agentes geológicos sobre as rochas expostas na superfície terrestre (Fig. 9). De forma simplificada, podemos dizer que existem três grandes processos-chave responsáveis por essa dinâmica: intemperismo, erosão e transporte. Esses processos atuam na geração dos sedimentos e em sua condução até uma área de acumulação, onde ocorre a sedimentação.

O intemperismo é o processo pelo qual a rocha que se encontra na superfície da Terra — seja ela ígnea, metamórfica ou sedimentar — é exposta a agentes que causam desestabilização e posterior fragmentação. De forma geral, existem dois tipos principais de intemperismo: o físico e o químico.



Figura 8. Vulcanismo da Formação Rodeio Velho. Exemplos de rochas ígneas extrusivas.

O intemperismo físico ocorre quando a rocha sólida é desagregada por processos mecânicos de quebra. Esses processos podem ser causados, por exemplo, pelo congelamento e descongelamento da água em poros ou pequenas rachaduras na rocha. Lembre-se: quando a água congela a 0 °C sob pressão atmosférica, seu volume aumenta cerca de 9%, exercendo uma força capaz de expandir e fragmentar a rocha. Outro exemplo ocorre com o crescimento de raízes entre as fraturas das rochas, o que também provoca expansão e consequente fragmentação.

Por outro lado, o intemperismo químico é causado por processos de desestabilização dos minerais presentes na rocha em contato com reagentes, como a água. Esse processo altera a composição química dos minerais, promovendo transformações estruturais que contribuem para a decomposição da rocha.

O segundo processo-chave é a erosão. Ela se refere a todos os processos capazes de deslocar os sedimentos desagregados pelo intemperismo, permitindo que o terceiro processo, o transporte, possa atuar.

O transporte dos sedimentos é o processo responsável por conduzir os materiais até uma área de acumulação, onde ocorrerá a sedimentação. Esse transporte pode se dar por meio da ação do vento, da água ou de geleiras.

A seguir, temos a deposição dos sedimentos na área de acumulação. Esse processo ocorre quando o vento, a água ou a geleira já não têm mais energia suficiente para transportar os sedimentos, fazendo com que eles se depositem naquele local.

A partir do momento em que os sedimentos começam a ser depositados, tem início o processo de soterramento e diagênese. Isso ocorre quando novos sedimentos se acumulam sobre os anteriormente depositados, formando uma sequência que evolui de lâminas para camadas, resultando em um grande pacote sedimentar.

Com o aumento da espessura dos sedimentos soterrados e a consequente pressão e temperatura exercidas pelas camadas superiores, iniciam-se reações físicas e químicas que caracterizam o processo de diagênese — também chamado de litificação. A diagênese é, portanto, o conjunto de processos pelos quais os sedimentos se transformam em rocha.

Dessa forma, as rochas sedimentares são o resultado de uma longa cadeia de eventos envolvendo intemperismo, erosão, transporte, sedimentação e diagênese de rochas pré-existentes, ocorridos em um passado remoto.

As rochas sedimentares podem ser classificadas de acordo com sua composição originária, sendo organizadas, de forma geral, em quatro grandes classes:

1. Detríticas
2. Quimiogênicas
3. Biogênicas
4. Vulcanoclásticas

A Figura 10, retirada do Museu Virtual Geológico do Pampa, exemplifica de forma visual e didática cada um desses grandes grupos.

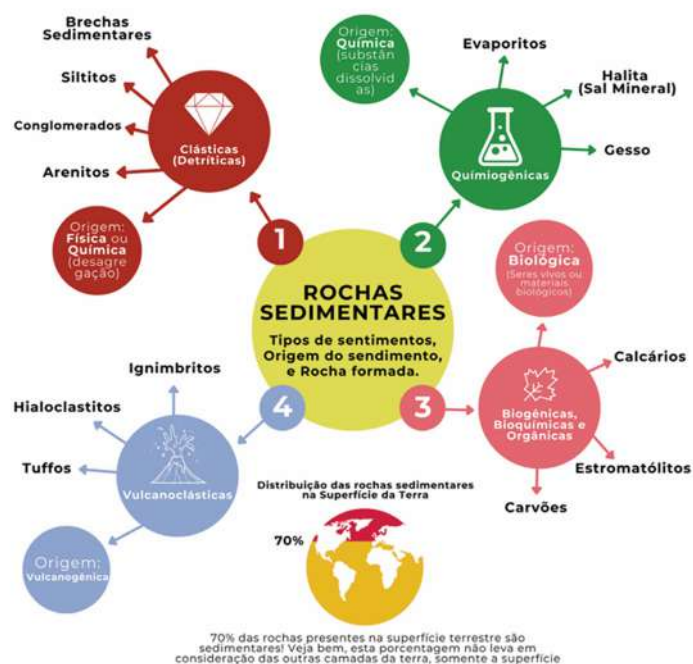


Figura 10. Tipos de rochas sedimentares clásticas, quimiogênicas, biogênicas e vulcanogênicas. Criado a partir de referências dos autores.

Rochas Clásticas, também denominadas Detríticas ou Mecânicas, representam o maior grupo de rochas sedimentares. Nelas estão incluídos os arenitos, conglomerados, lamitos, siltitos, entre outros. Essas rochas se caracterizam por serem constituídas de detritos de outras rochas — sejam elas ígneas, metamórficas ou sedimentares.

Rochas Quimiogênicas, como o próprio nome sugere, têm sua gênese em processos físico-químicos, como a precipitação química ou a evaporação de soluções. Um exemplo clássico desse grupo é a Halita, amplamente utilizada na alimentação como o conhecido sal de cozinha.

Rochas Biogênicas (ou Organógenas) são o resultado de processos causados por seres vivos e suas atividades biológicas. O carvão mineral, por exemplo, é uma rocha biogênica fitógena (originada de matéria vegetal). Já os calcários, formados a partir de restos de conchas e organismos marinhos, representam outro exemplo de rochas biogênicas.

Rochas Vulcanoclásticas são aquelas formadas a partir de processos vulcânicos, compostas parcial ou totalmente por fragmentos vulcânicos. São geradas em ambientes vulcânicos ativos, tanto subaéreos quanto subaquáticos, e subdividem-se em cinco tipos principais:

1. Autoclásticas
2. Hidroclásticas
3. Piroclásticas
4. Piroclásticas ressedimentares
5. Vulcanogênicas

Contextualizando: Rochas sedimentares na região do Pampa Gaúcho

Uma bela exposição de rochas sedimentares em Caçapava do Sul pode ser observada na Região das Guaritas, localizada no distrito de Minas do Camaquã, a cerca de 60 km do município (Fig. 11). Essa localidade é considerada uma das Sete Maravilhas do Estado do Rio Grande do Sul, segundo a SETUR (Secretaria de Turismo do Rio Grande do Sul), e está situada no entorno da cidade de Caçapava do Sul.

Caçapava do Sul foi reconhecida pela Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul como a Capital da Geodiversidade¹.

A Formação Guaritas é considerada o último estágio de deposição da Bacia do Camaquã e aflora em uma faixa alongada na região central do Escudo Sul-Rio-Grandense. É composta por duas grandes sequências: Pedra Pintada (base) e Varzinha (topo) (Sbrissa et al., 2006).

Sobre isso, Borba et al. (2015) destacam:

“Há 500 milhões de anos, quando ainda não existia vida sobre os continentes, a região de Caçapava do Sul fazia parte de um deserto, com dunas e rios pedregosos. Essas areias e cascalhos foram soterrados, aquecidos, compactados e viraram rochas. Depois, elas foram sendo esculpidas pela água da chuva e pelo vento. Isso é a formação da paisagem, das formas de relevo.”



Figura 11. Paisagem da região das Guaritas, imediações das Minas do Camaquã, município de Caçapava do Sul.

A seguir, serão descritas as rochas metamórficas, originadas de processos que envolvem altas, médias ou baixas pressões e temperaturas (Fig. 12).

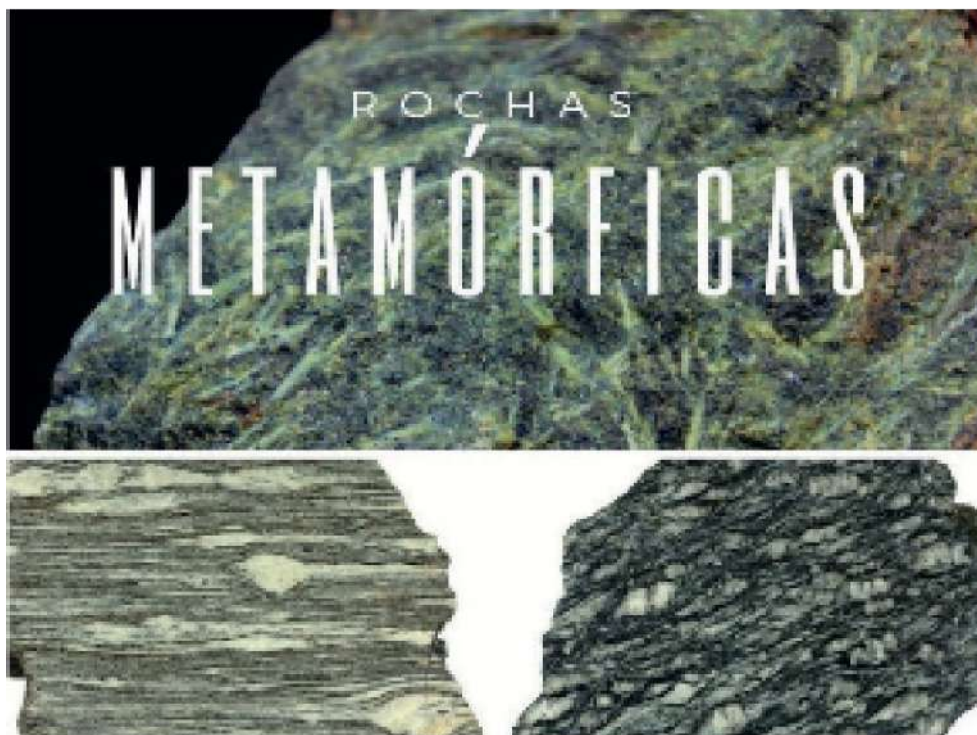


Figura 12. Tipos de rochas metamórficas de baixo, médio e alto grau de metamorfismo (Museu Virtual Geológico do Pampa).

Entendendo a Terra como um sistema dinâmico, percebemos que, durante o Ciclo das Rochas, estas podem ser submetidas a mudanças nas condições de pressão e temperatura diferentes daquelas em que foram originalmente formadas. Essas variações, que ocorrem em diferentes profundidades da crosta terrestre ou até mesmo na superfície, são capazes de alterar a composição mineralógica das rochas, modificando, conseqüentemente, suas propriedades físicas e químicas.

O metamorfismo é o processo pelo qual uma rocha — seja ela ígnea, sedimentar ou até mesmo metamórfica — sofre transformações mineralógicas ao ser submetida a novas condições de pressão e temperatura, seja no interior da crosta ou na superfície terrestre (como no caso de impactos meteoríticos).

A Figura 13 demonstra como as variações de pressão e temperatura controlam a gênese das rochas metamórficas. Percebe-se uma relação direta entre as rochas metamórficas, ígneas e sedimentares.

A diagênese ocorre nos primeiros 10 km da crosta terrestre, sob temperaturas inferiores a 200 °C e pressões de até 3,8 kbar. É nesse intervalo que se formam as rochas sedimentares, por meio de processos como desidratação, cimentação, compactação, dissolução e reações minerais, que caracterizam a litificação.

Acima dessas condições, inicia-se o metamorfismo, no qual os minerais constituintes das rochas começam a sofrer modificações em suas estruturas cristalinas, como resposta às novas condições físico-químicas.

Em situações extremas, com altas temperaturas e/ou pressões muito elevadas, ocorre o início da fusão dos minerais, que passam a perder sua estrutura cristalina definida, marcando o início da formação de um líquido magmático. Nessas condições, temos o limite entre o metamorfismo extremo e o início da gênese das rochas ígneas.

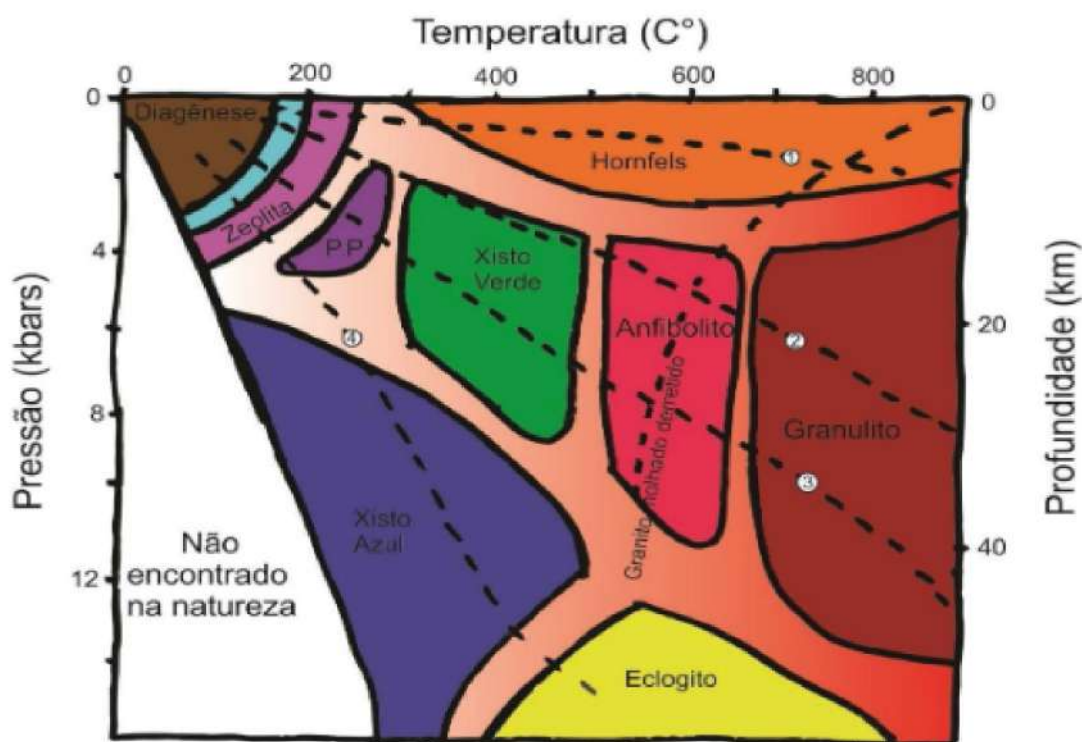


Figura 13. Variação de pressão e temperatura na gênese das rochas metamórficas.

Contextualizando: Rochas metamórficas na região do Pampa Gaúcho

Remontando a mais de 2,2 bilhões de anos (vale ressaltar que a idade estimada do planeta Terra é de aproximadamente 4,56 bilhões de anos), destaca-se no Rio Grande do Sul um excelente afloramento de rochas metamórficas: o Complexo Metamórfico do Gnaiss Encantadas (Fig. 14).



Figura 14. Rocha metamórfica — Gnaiss Encantadas, nas imediações de Santana da Boa Vista (Fonte: Museu Virtual Geológico do Pampa).

As placas tectônicas e a deriva continental: a dança dos continentes

Benjamin Franklin, em 1782, escreveu em uma carta endereçada ao geólogo francês Abbé Giraud-Soulavie:

“Tais mudanças nas partes superficiais do globo pareciam, para mim, improváveis de acontecer se a Terra fosse sólida até o centro. Desse modo, imaginei que as partes internas poderiam ser um fluido mais denso e de densidade específica maior que qualquer outro sólido que conhecemos, que assim poderia nadar no ou sobre aquele fluido. Desse modo, a superfície da Terra seria uma casca capaz de ser quebrada e desordenada pelos movimentos violentos do fluido sobre o qual repousa.”

Alfred Wegener, geógrafo e meteorologista alemão, em 1915, durante suas pesquisas na biblioteca da Universidade de Berlim, deparou-se com um artigo científico que tratava de fósseis de animais e plantas idênticos encontrados em lados opostos do Oceano Atlântico. Intrigado com tal ocorrência, Wegener iniciou uma extensa pesquisa a fim de aprofundar o conhecimento, estudando outros casos de organismos semelhantes separados por oceanos.

Na época, a comunidade científica explicava esses casos com a hipótese de que haviam existido “pontes terrestres”, hoje submersas, que outrora ligavam os continentes. Insatisfeito com essa explicação, Wegener passou a buscar evidências mais convincentes para explicar como poderia haver organismos iguais vivendo em continentes separados por vastos oceanos.

Observando os mapas, Wegener notou o encaixe quase perfeito entre a América do Sul e a África, além da semelhança entre estruturas geológicas que pareciam estar relacionadas, embora hoje estejam separadas por milhares de quilômetros. Um exemplo é a relação entre os Montes Apalaches, na América do Norte, e as terras

altas escocesas. Wegener também observou que os estratos rochosos existentes na África do Sul eram idênticos aos encontrados no Sul do Brasil — os chamados basaltos toleíticos do vulcanismo da Serra Geral.

Além desses argumentos morfológicos, Wegener reuniu diversos outros fundamentos paleogeográficos, paleoclimáticos, geológicos e paleontológicos para sustentar sua teoria de que, em algum momento do passado, os continentes estiveram unidos.

Embora não tenha sido o primeiro cientista a sugerir tal ideia, Wegener foi o primeiro a compilar um grande volume de dados e evidências que embasavam sua proposta. Ainda em 1915, publicou a primeira edição de seu livro intitulado *A Origem dos Continentes e Oceanos*, no qual propôs a existência de um supercontinente chamado “Pangeia” (do grego, “Todas as Terras”), que teria se fragmentado, dando origem aos continentes atuais.

Apesar da teoria ser empiricamente bem fundamentada, Wegener teve pouco apoio da comunidade científica de sua época. Ainda assim, foi enfático ao afirmar:

“Poucas pessoas podem ter acreditado, e muitas não. Mas essas pessoas não importam. O que importa é que o mundo já se juntou, e daqui a milhões de anos se juntará novamente, formando outro Pangeia.”

Wegener apresentou sua teoria com evidências paleontológicas, geológicas, morfológicas, entre outras. Um de seus grandes dilemas — e talvez o principal motivo pelo qual sua teoria não foi bem aceita na época — era o fato de não conseguir explicar um mecanismo motor capaz de justificar a deriva dos continentes. Por esse motivo, sua teoria permaneceu em relativa obscuridade até meados da década de 1960 (Fig. 15).

Até então, as Geociências não conseguiam explicar de forma clara a formação e movimentação das grandes massas continentais. No entanto, durante os anos 1960, esse ramo das Ciências da Terra passou por uma revolução conceitual, transformando significativamente a compreensão do Sistema Terra.

A teoria da tectônica de placas surgiu com base na combinação de dois fenômenos geológicos distintos:

-
- ÁFRICA
- ÍNDIA
- AMÉRICA DO SUL
- ANTÁRTICA
- AUSTRÁLIA
- FÓSSEIS DO RÉPTIL TERRESTRE DO TRIASSICO LYTROSAURO.
- FÓSSEIS DE ONÍQUIRTO, RÉPTIL TERRESTRE DO TRIASSICO COM ARRECOMENDADAMENTE 5 M
- FÓSSEIS DO RÉPTIL DE ÁGUA DO MESOZOICO
- FÓSSEIS DA SAMARRA GIMNOSPERMICA ENCONTRADOS EM TODOS OS CONTINENTES AO SUL, CORRESPONDENDO AQUELES QUE AGORA CRESCEM ANTIGAMENTE.

A partir desses dois fenômenos geológicos distintos, Palmer e Mackenzie formularam a Teoria da Tectônica de Placas, que passou a ser amplamente aceita pela comunidade científica e revolucionou as Ciências da Terra.

26

Mecanismos-chave da Tectônica de Placas

A Tectônica de Placas baseia-se no fato de que a litosfera — isto é, a camada mais superficial do planeta Terra —, embora rígida, não é contínua, mas sim fragmentada em diversas placas tectônicas que formam um grande mosaico deslizante sobre a astenosfera.

Atualmente, reconhecem-se cerca de 12 grandes placas tectônicas e diversas outras menores, distribuídas ao redor do globo. Cada uma dessas grandes placas move-se de maneira distinta sobre a astenosfera, impulsionada por forças internas da Terra.

Existem três tipos de movimento relativo entre as placas tectônicas, os quais ocorrem nos chamados limites de placas (Fig. 16):

1. Limites Convergentes: são os locais onde duas placas colidem. Nesses limites, uma das placas pode ser subduzida (reciclada ou consumida no manto), ou uma pode ser empurrada sobre a outra (cavalgamento), formando cordilheiras ou zonas de subducção.
2. Limites Divergentes: são as regiões onde as placas se afastam, promovendo a formação de nova litosfera, geralmente associada à atividade vulcânica e à expansão do fundo oceânico.
3. Limites Transformantes: são os locais onde não ocorre nem afastamento nem colisão, mas sim um deslizamento lateral entre duas placas, resultando em grandes falhas geológicas, como a Falha de San Andreas, nos Estados Unidos.

Limites de Placas Divergentes

Como mencionado anteriormente, os limites de placas divergentes são aqueles onde duas ou mais placas tectônicas se afastam entre si. Em termos geológicos, essa separação pode ocorrer em dois ambientes distintos: oceanos ou continentes.

Essa distinção ocorre devido às peculiaridades geológicas de cada ambiente — oceânico ou continental. Grotzinger e Jordan (2013) destacam de forma sucinta essas diferenças:

1. “Por ser mais leve, a crosta continental não é tão facilmente reciclada para o manto como a crosta oceânica.”
2. “Como a crosta continental é menos resistente, os limites de placa que a envolvem tendem a ser mais espalhados e complicados do que os limites das placas oceânicas.”

Dessa forma, a seguir discutiremos, separadamente, as características dos limites de placas divergentes em ambientes oceânicos e continentais, destacando suas particularidades geológicas.

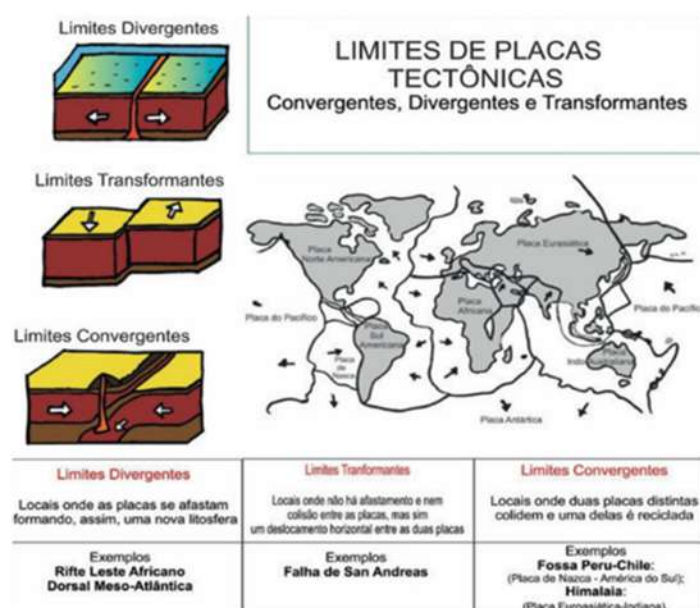


Figura 16. Tipos de limites das Placas Tectônicas.

Limites de Placas Divergentes em Oceanos

Os limites de placas divergentes nos oceanos são definidos por uma estrutura conhecida como Dorsal Mesoceânica. As dorsais são grandes e extensas cordilheiras submarinas, localizadas na região central dos oceanos.

As dorsais mesoceânicas são excelentes marcadores da velocidade de expansão do fundo oceânico, que é determinada pela taxa de geração de novos materiais na crosta oceânica. Uma classificação comum para essas taxas de abertura e formação de nova placa oceânica nas dorsais é a seguinte:

- Rápidas: mais de 200 mm/ano
- Medianas: cerca de 60 mm/ano
- Lentas: menos de 20 mm/ano

As dorsais mesoceânicas são regiões marcadas por atividade sísmica (terremotos), vulcanismo e rifteamento, resultantes do afastamento de duas placas tectônicas (Fig. 17).

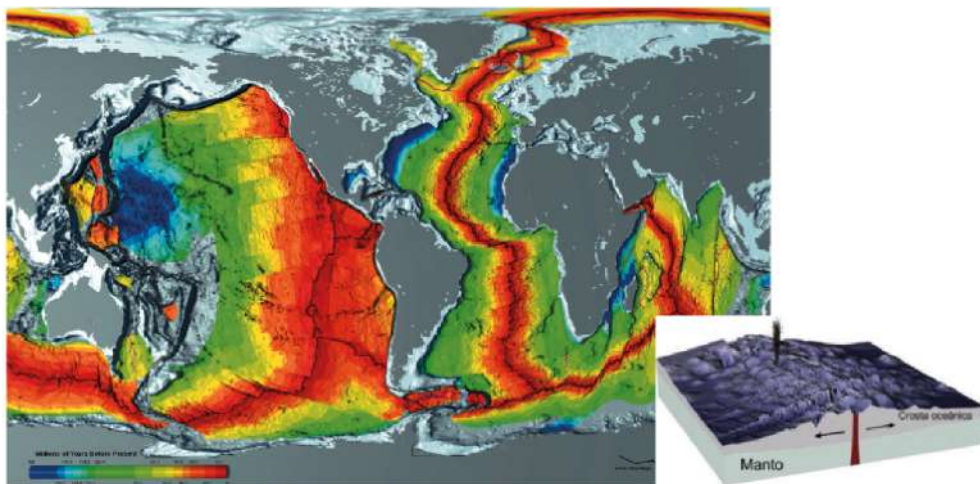


Figura 17. Imagem digital computadorizada com base em dados geofísicos.

Fonte: National Geophysical Data Center (NGDC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), U.S. Department of Commerce.

Limites de Placas Divergentes em Continentes

Os limites de placas divergentes em continentes são caracterizados pela formação de vales em rifte, além de atividade vulcânica e terremotos ocorridos em regiões de placas continentais.

Atualmente, há excelentes exemplos dessa quebra de continentes ao redor do globo. Um dos mais conhecidos é o Grande Vale do Rifte do Leste Africano, que representa um estágio inicial de abertura de um futuro oceano.

Por outro lado, o Golfo da Califórnia pode ser considerado um exemplo de estágio mais avançado de expansão. Nesse caso, os continentes já se separaram de forma significativa, permitindo a formação de novo assoalho oceânico, posteriormente inundado pelo oceano (Fig. 18).



Figura 18. Rifte do Golfo da Califórnia.

Fonte: Modelos Digitais de Elevação (MDE) com resolução espacial de ~28 m, fornecidos pelo Serviço de Mapa Nacional dos EUA. Disponível em: <http://nationalmap.gov/>

O tempo geológico

A forma como os geólogos percebem o tempo é, de certa forma, peculiar. Quando afirmamos que os dinossauros foram extintos há aproximadamente 65,5 milhões de anos, no limite entre o Cretáceo e o Paleógeno, isso pode parecer um intervalo de tempo imenso. No entanto, esse “muito tempo” é bastante relativo quando falamos em tempo geológico.

Geólogos trabalham com intervalos de tempo na ordem de dezenas ou centenas de milhões de anos e, por isso, estão atrelados a uma escala temporal diferente da que usamos no cotidiano. Outro bom exemplo dessa relatividade é a própria idade da Terra, estimada em aproximadamente 4,6 bilhões de anos — o que faz do nosso planeta uma “adolescente” se comparado à idade do universo, estimada em cerca de 13 bilhões de anos.

O tempo geológico é definido como o tempo decorrido desde a fase final da formação da Terra até os dias atuais. Os geocientistas o dividem em Éons, Eras, Períodos, Épocas e Idades, como descrito a seguir.

Os Éons representam a maior subdivisão do tempo geológico (Fig. 19). A União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS) reconhece quatro Éons:

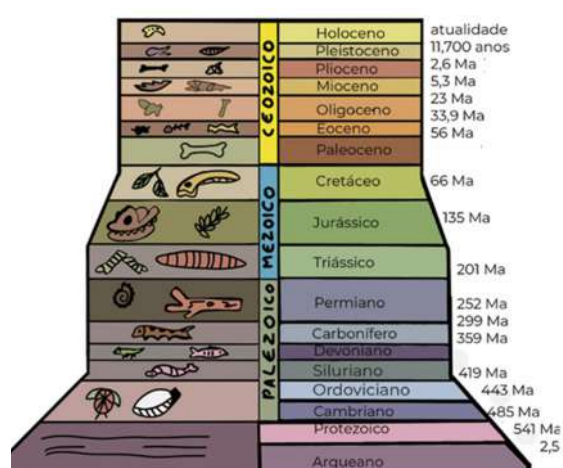


Figura 19. Representação ilustrativa da escala do tempo geológico, com os principais tipos de fósseis à esquerda.

Observe que, ao utilizarmos fósseis para definir intervalos de tempo, estamos aplicando o princípio da bioestratigrafia.

- Hadeano: vai da formação da Terra, há cerca de 4,6 bilhões de anos, até o início do processo de formação das primeiras rochas, que marca o início do Arqueano.
- Arqueano: compreende o intervalo entre 4,0 e 2,5 bilhões de anos atrás.
- Proterozoico: abrange o período entre 2,5 bilhões e 541 milhões de anos.
- Fanerozoico: iniciou-se há aproximadamente 541 milhões de anos e se estende até os dias atuais.

A segunda subdivisão do tempo geológico corresponde às Eras, que dividem os Éons. As eras são caracterizadas principalmente pela forma como os continentes e oceanos se distribuíam e pelos seres vivos que habitavam a Terra em cada período.

Os desafios para o ensino de Geociências na Educação Básica

A Geologia é considerada por alguns autores como um fator determinante para a evolução de uma sociedade (Mata-Perelló et al., 2012). O estudo da Geologia deve direcionar esforços para oferecer respostas aos desafios emergentes, tais como o crescimento das zonas urbanas, a ocorrência de terremotos, avalanches, e as implicações de obras de engenharia, entre outros fatores que impactam diretamente o bem-estar da sociedade.

Da mesma forma, os problemas ambientais estão intimamente relacionados ao aumento da industrialização, e parecem estar estreitamente ligados ao crescimento da população humana.

Diante disso, torna-se necessário aplicar na prática os conceitos e métodos geológicos e ambientais, especialmente aqueles que exercem influência direta sobre a sociedade, como os relacionados aos recursos e riscos geológicos.

Também é essencial promover uma aproximação entre a Geologia e a Sociologia, com o objetivo de prever e mitigar os efeitos negativos e limitantes do ambiente geológico sobre a sociedade. Isso inclui a escassez de recursos geológicos em países em desenvolvimento e a percepção dos riscos geológicos por parte da população.

O desafio de incorporar o conhecimento geológico científico ao ensino é constante. O mercado de trabalho demanda profissionais cada vez mais qualificados, autônomos, críticos, solidários, reflexivos e comprometidos com o desenvolvimento sustentável local, regional e nacional, visando à construção de uma sociedade justa e democrática.

A universidade, nesse contexto, tem o dever de formar profissionais capazes de atuar na solução de problemas sociais, econômicos e ambientais, com uma formação de base generalista e humanística, articulada a um treinamento prático intensivo (Nummer et al., 2005).

As metodologias de ensino, por sua vez, devem também fortalecer a formação cidadã, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs, Brasil, 2006). As DCNs sugerem que os conteúdos teóricos abordados em sala de aula estejam relacionados ao cotidiano e à realidade dos alunos, permitindo a integração entre diferentes áreas do conhecimento.

Nesse contexto, observa-se que “o sistema educacional deve desenvolver ações e estratégias que possibilitem ao aluno entender o impacto que suas ações podem causar no ambiente que o cerca” (Gomes et al., 2015).

Ao longo da sua trajetória intelectual, o aluno é auxiliado na construção de saberes. A construção do conhecimento pelo estudante envolve diversas etapas, culminando no desenvolvimento do “saber o quê, saber como, saber por quê e saber para quê”. Ao obter respostas para essas etapas, o aluno estabelece os elos necessários para a compreensão do processo de ensino-aprendizagem.

Ao estabelecer tais conexões, o sujeito em ação (o aluno) vive momentos dinâmicos e globais dentro de um processo de pensamento, apropriando-se do significado da realidade concreta e mobilizando-se para a construção de sua própria aprendizagem.

Durante essa caminhada intelectual, à medida que o aluno cursa as componentes curriculares, ele incorpora conhecimento científico e, com o tempo, estrutura a produção de saberes. No entanto, esse crescimento científico requer a capacidade de aplicar o conhecimento ao contexto cotidiano, bem como compreender as contribuições da hermenêutica e da epistemologia genética.

O educando, por sua vez, não é capaz de compreender os conteúdos e conceitos científicos na mesma forma em que são produzidos pelos pesquisadores. De fato, torna-se difícil para ele aprender e assimilar o conhecimento científico, sobretudo quando este contraria suas observações e experiências cotidianas (Brasil, 1998).

O desafio da construção do conhecimento significativo está alicerçado na parceria entre ensinar, aprender e fazer. Essa constituição se dá no interior do sujeito da aprendizagem, sendo estimulada e provocada pelo professor.

Auler (2007) reforça a importância de um ensino de Ciências diferenciado, que discuta e relacione “o mundo da escola” com “o mundo da vida”, enfatizando a relevância de temas diretamente conectados ao cotidiano dos alunos.

Nesse mesmo sentido, Delors (1998, p. 153) afirma:

“Como a divisão entre a sala de aula e o mundo exterior torna-se menos rígida, os professores também têm que se esforçar para ampliar o processo para fora da escola, organizando experiências de aprendizagem conduzidas no exterior e, em termos de conteúdo, estabelecendo uma conexão entre o que é ensinado no cotidiano dos alunos.”

Borges e Alencar (2014) discutem a busca por uma melhor atuação prática em sala de aula por meio do uso de metodologias alternativas. Entre essas, a metodologia ativa tem se destacado por contribuir para uma formação crítica do aluno, além de prepará-lo para buscar conhecimento em outras fontes além do professor (Rezende Jr. et al., 2016).

Uma dessas metodologias é a PBL (Problem-Based Learning), ou, em tradução literal, Aprendizagem Baseada em Problemas. Essa abordagem é caracterizada pelo uso de problemas reais, com o objetivo de incentivar os alunos a desenvolverem o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas, adquirindo, de forma contínua, conhecimento sobre os conceitos essenciais da área em questão.

O uso da PBL no ensino básico, médio e na graduação favorece uma formação crítica, autônoma e ativa de futuros profissionais das Geociências, promovendo o desenvolvimento de habilidades como trabalho em grupo, iniciativa, liderança e planejamento.

Segundo Borges et al. (2014), a aplicação da PBL em grupos cria uma rede de interações entre indivíduos, permitindo que o aluno se reconheça, se relacione, se diferencie, se oponha e se transforme a partir da relação com o outro na construção do conhecimento.

Portanto, a PBL busca atender às ansiedades dos alunos, no sentido de inseri-los ativamente no processo de construção do conhecimento, superando a postura de receptores passivos na identificação e solução de problemas científicos.

Gijsselaers (1996, p. 3) sugere que a PBL contempla três princípios fundamentais da aprendizagem:

1. A aprendizagem é um processo construtivo, e não receptivo. O conhecimento é estruturado em redes de conceitos inter-relacionados, e os novos conceitos são aprendidos na medida em que se conectam com conhecimentos já existentes, sendo essencial, portanto, a ativação dos conhecimentos prévios dos alunos.
2. A metacognição influencia o aprendizado. Habilidades como estabelecimento de objetivos (o que eu vou fazer?), seleção de estratégias (como eu vou fazer?) e avaliação de resultados (funcionou?) são consideradas essenciais para o processo de aprendizagem.
3. Fatores contextuais e sociais influenciam a aprendizagem. O contexto em que o ensino ocorre pode favorecer ou inibir o aprendizado. A aprendizagem é otimizada quando o conteúdo se relaciona com o contexto profissional futuro dos alunos, e quando os estudantes compartilham responsabilidades e divergentes pontos de vista sobre o mesmo conteúdo. Essa interação promove o aprofundamento do questionamento, além do desenvolvimento de habilidades como senso crítico, aceitação de opiniões diferentes e construção de consensos.

Segundo Gemignani (2012), o conjunto de atividades da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) envolve sete tarefas fundamentais que os alunos devem realizar:

1. Apresentação do problema;
2. Esclarecimento de termos conceituais menos conhecidos e dúvidas relacionadas ao problema;
3. Definição e síntese do problema, identificando as áreas e aspectos relevantes;
4. Análise do problema com base no conhecimento prévio;
5. Desenvolvimento de hipóteses para explicá-lo e identificação das lacunas de conhecimento;
6. Definição dos objetivos de aprendizagem e seleção dos recursos de aprendizagem apropriados;
7. Busca de informações e estudo individual.

É importante destacar que, embora a PBL seja fundamentada na aprendizagem por meio da resolução de problemas, ela não se reduz a uma técnica de resolução de problemas. Essas técnicas são, de fato, ferramentas essenciais dentro da abordagem, mas a PBL envolve uma dinâmica educacional mais ampla, voltada à autonomia, ao trabalho em equipe, ao pensamento crítico e à aprendizagem ativa.

Outra alternativa valiosa no ensino de Geociências é o uso de estímulos para desenvolver os sentidos, sobretudo o estímulo cognitivo. Nesse contexto, é essencial estimular a atenção, a criatividade e a observação. Existe um consenso unânime entre educadores de que o aluno necessita de estímulos visuais para compreender melhor o mundo ao seu redor.

Nesse sentido, Paulo Freire escreveu:

“[...] não se passa do mundo concreto para a representação mental senão por intermédio da ação corporal. A criança transforma em símbolos aquilo que pode explorar corporalmente: o que ela vê, cheira, pega, chuta, aquilo de que corre e assim por diante.”
(Freire, 1978 apud Schiavo et al., 2007, p. 6)

Por isso, busca-se aliar teoria e prática de forma lúdica e didática, promovendo uma melhor compreensão dos eventos geológicos que ocorrem no planeta.

Reginaldo, Sheid e Güllich (2012, p. 2) destacam, ao tratar do ensino de Ciências: “A dificuldade do aluno em relacionar a teoria desenvolvida em sala com a realidade à sua volta...”

ANEXO 1

Tabela: Propriedades físicas dos minerais

NOME	DEFINIÇÃO SIMPLIFICADA
Acatassolamento	Aparência sedosa observada em alguns minerais quando a luz é refletida sobre eles, devido à presença de inúmeras inclusões dispostas paralelamente a uma direção cristalográfica.
Asterismo	Característica de alguns minerais que, quando expostos à luz, exibem internamente uma estrela formada por raios luminosos.
Brilho	<p>Capacidade que um mineral possui de refletir determinado tipo de onda, como a luz. Trata-se de uma das características mais facilmente observáveis.</p> <p>O brilho de um mineral pode ser classificado em diferentes tipos, como: baço, metálico, sub-metálico, vítreo, sedoso, resinoso, entre outros.</p>
Cheiro	<p>Capacidade que um mineral possui de apresentar determinado tipo de odor.</p> <p>Um exemplo é a marcassita (sulfeto de ferro), que, ao se decompor, libera um característico cheiro de enxofre.</p>
Clivagem	Propriedade que alguns minerais apresentam de se partirem (ou quebrarem) em planos e direções preferenciais, de acordo com sua estrutura cristalina. Essa característica é bem observada em minerais como a muscovita e a calcita.

ANEXO 1

Tabela: Propriedades físicas dos minerais

NOME	DEFINIÇÃO SIMPLIFICADA
Condutividade Elétrica	Capacidade que o mineral possui de conduzir corrente elétrica.
Condutividade Térmica	A condutividade térmica expressa a capacidade de um mineral em transferir calor.
Cor	Outra importante característica dos minerais — e uma das mais facilmente identificáveis — é a cor. Os minerais apresentam uma grande variedade de colorações. A ametista (variedade roxa do quartzo), por exemplo, possui sua inconfundível cor roxa. Já a turmalina-melancia é conhecida por suas cores distintas: verde e rosa.
Densidade	Densidade é a relação entre o peso de um mineral e o peso de igual volume de água a 4 °C. Por exemplo: um mineral com densidade 5 significa que ele pesa cinco vezes mais do que o mesmo volume de água nessa temperatura.
Diafaneidade	Diafaneidade é a capacidade que alguns minerais têm de permitir a passagem de luz por sua estrutura cristalina. Um bom exemplo é a calcita ótica, mineral que exibe essa propriedade de forma marcante. Curiosidade: sabe-se que a visão das trilobitas (artrópodes do Paleozóico) era extremamente apurada. Esses foram os primeiros animais a desenvolver olhos complexos, e seus olhos eram formados por cristais de calcita.

ANEXO 1

Tabela: Propriedades físicas dos minerais

NOME	DEFINIÇÃO SIMPLIFICADA
Dupla Refração	Birrefringência é a capacidade de um mineral converter a luz incidente em dois raios de luz polarizada plana.
Dureza	Dureza é definida como a resistência que um mineral apresenta ao ser riscado. Essa propriedade é medida por meio da Escala de Friedrich Mohs, que vai de 0 a 10, em ordem crescente de dureza. Alguns exemplos da escala: Talco (1), Gipsita (2), Calcita (3), Fluorita (4), Apatita (5), Ortoclásio (6), Quartzo (7), Topázio (8), Coríndon (9), Diamante (10)
Embaçamento	Pleocroísmo ocorre quando a cor no interior do mineral é diferente da observada na sua superfície.
Epítaxias	Epítaxia é o crescimento de um mineral sobre outro, em que o segundo mineral se orienta segundo as direções cristalográficas do primeiro.
Flexibilidade	<p>Pode-se dizer que se trata de um tipo de tenacidade.</p> <p>Ocorre quando camadas finas se curvam sem se romper, mas não retornam à forma original mesmo após a remoção da pressão.</p> <p>Essa propriedade pode ser classificada como:</p> <ul style="list-style-type: none">• Flexibilidade plástica: quando não recupera a forma original.• Flexibilidade elástica: quando retorna à forma original após cessada a pressão.

ANEXO 1

Tabela: Propriedades físicas dos minerais

NOME	DEFINIÇÃO SIMPLIFICADA
Fluorescência	Fluorescência é a propriedade que alguns minerais possuem de emitir luz de determinada cor quando submetidos à ação de raios ultravioleta, raios X ou raios catódicos. Um exemplo clássico de mineral fluorescente é a fluorita.
Fosforescência	Fosforescência é a capacidade de certos minerais reterem luminosidade por breves momentos após exposição à luz.
Fraturas	Fratura é o tipo de ruptura que ocorre quando um mineral não se rompe ao longo de um plano preferencial, diferentemente da clivagem. As fraturas podem ser classificadas em diversos tipos, como: conchoidal, irregular, serrilhada, entre outras.
Fusibilidade	Fusibilidade é definida como a propriedade que os minerais têm de se fundirem ou não ao serem submetidos ao calor.
Inclusões	Inclusões são bolhas de gás, bolhas de líquidos ou pequenos sólidos presentes no interior do mineral, normalmente formados durante seu crescimento.
Iridescência	Iridescência é a propriedade observada quando uma série de cores espectrais aparece na superfície ou no interior do mineral, conferindo-lhe um aspecto colorido e reluzente, como um arco-íris.

ANEXO 1

Tabela: Propriedades físicas dos minerais

NOME	DEFINIÇÃO SIMPLIFICADA
Jogo de Cores	Jogo de cores é a propriedade em que, ao girar um mineral, surgem várias cores espectrais em rápida sucessão, conferindo-lhe um efeito visual vibrante e iridescente.
Luminescência	Luminescência é a emissão de luz por parte de um mineral, sem que haja incandescência (isto é, sem estar aquecido ao ponto de emitir luz por calor).
Magnetismo	Magnetismo é a propriedade que alguns minerais apresentam de atrair ferro e outros metais. Um exemplo clássico de mineral magnético é a magnetita.
Opalescência	Opalescência refere-se à reflexão leitosa ou nacarada observada no interior do cristal, típica das opalas, como o próprio nome sugere.
Pleocroísmo	Pleocroísmo é o fenômeno apresentado por certos minerais anisotrópicos, transparentes e coloridos, que absorvem a luz de maneira seletiva, dependendo da direção de vibração da luz incidente.
Pseudomorfoses	Pseudomorfismo ocorre quando uma substância mineral adquire a forma externa de outra, por meio de processos como substituição, alteração, incrustação ou outros mecanismos, mantendo a forma original, mas com composição diferente.

ANEXO 1

Tabela: Propriedades físicas dos minerais

NOME	DEFINIÇÃO SIMPLIFICADA
Sabor	<p>Alguns minerais podem apresentar sabor facilmente identificável. A halita é um exemplo clássico, conhecida como sal mineral.</p> <p>Atenção: não é recomendada a degustação de minerais, pois alguns podem conter substâncias tóxicas ou radioativas, capazes de causar danos irreversíveis à saúde humana.</p>
Solubilidade	<p>Solubilidade — Alguns minerais podem ser solúveis, especialmente em ácidos minerais como HCl, HNO₃ e H₂SO₄.</p>
Termoluminescência	<p>É a emissão de luz por parte de certos minerais quando aquecidos a baixas temperaturas, entre 50 °C e 475 °C, ou seja, abaixo da temperatura de incandescência.</p>
Traço	<p>Cor do pó do mineral, observada ao se riscar o mineral sobre uma placa de porcelana não vidrada.</p>

Uma infinidade de outras propriedades físicas dos minerais pode ser consultada no polígrafo “Mineralogia I”, elaborado pelo Prof. Heinrich Theodor Frank, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, fonte que serviu de base para todo o conteúdo desta tabela.

Referências

AULER, Décio. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. *Revista Contexto & Educação*, v. 22, n. 77, p. 167–188, 2007.

BORGES, Tiago Silva; ALENCAR, Gidélia. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. *Cairu em Revista*, v. 3, n. 4, p. 119–143, 2014.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998. 138 p.

DE BORBA, André Weissheimer. Proposta de uma (geo) identidade visual para Caçapava do Sul, “capital gaúcha da geodiversidade”. *Geographia Meridionalis*, v. 1, n. 2, p. 405–411, 2015.

DELORS, Jacques. *Learning: The treasure within*. Paris: UNESCO, 1998.

DE REZENDE JÚNIOR, Rosemar Aquino et al. Aplicabilidade de metodologias ativas em cursos de graduação em engenharia. 2013. (Completar com local e editora, se for artigo, indicar periódico)

FRANKLIN, Benjamin. *The autobiography of Benjamin Franklin: 1706–1757*. Washington, D.C.: Regnery Publishing, 2007.

GEMIGNANI, Elizabeth Yu Me Yut. Formação de professores e metodologias ativas de ensino-aprendizagem: ensinar para a compreensão. *Fronteiras da Educação*, v. 1, n. 2, 2013.

GIJSELAERS, Wim H. Connecting problem-based practices with educational theory. *New Directions for Teaching and Learning*, v. 1996, n. 68, p. 13–21, 1996.

GOMES, S. S. et al. Experimentação num espaço alternativo: contextualizando o pH através da análise do solo da horta escolar. In: 55º Congresso Brasileiro de Química, 2005.

GROTZINGER, John; JORDAN, Tom. Para entender a Terra. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

KLEIN, Cornelis; DUTROW, Barbara. Manual de Ciências dos Minerais. 23. ed. Tradução e revisão técnica: Rualdo Menegat. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LIMA, Evandro F. de et al. Vulcanismo Rodeio Velho do Arroio Carajá: um dos mais bem preservados exemplos de manifestações vulcânicas do limite Neoproterozóico-Paleozóico. Proposta de Sítio Geológico – CPRM, 2000.

MACKENZIE, Fred T.; GARRELS, R. M. Evolution of sedimentary rocks. New York: Norton, 1971.

MATA-PERELLÓ, Josep M. et al. Social Geology: a new perspective on geology. Dyna, Revista da Facultad Nacional de Minas – Medellín, v. 79, n. 171, p. 158–166, fev. 2012.

NARDI, Lauro V. S.; DE LIMA, Evandro F. A associação shoshonítica de Lavras do Sul, RS. Revista Brasileira de Geociências, v. 15, n. 2, p. 139–146, 2018.

NUMMER, Alexis Rosa. Diretrizes curriculares para os cursos de graduação em Geologia e Engenharia Geológica. Terræ Didactica, v. 1, n. 1, p. 64–69, 2005.

PRESS, Frank et al. Para entender a Terra. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RIBEIRO, Maurício. Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul – Brasil. Rio de Janeiro: Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1966.

SBRISSA, Gesiane Fraga; BORBA, André de; SILVA, Diogo Rodrigues Andrade da. Formação Guaritas (Ordoviciano, Bacia do Camaquã-RS): uma visão integrada através do uso da estratigrafia, petrologia e geocronologia. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2006, Porto Alegre. Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

STRUNZ, Hugo; JAKOB, J.; PARKER, R. L.; BURRI, Conrad. Über Hydroxylapatit von der Kemmlen bei Hospenthal. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, v. 15, p. 327–339, 1935.

TRACK, IMA2014 IS WELL ON. International Mineralogical Association. Disponível em: <https://ima-mineralogy.org>. Acesso em: [inserir data de acesso].

WEGENER, Alfred; EVANS, John W. The Origin of Continents and Oceans. 1. ed. 1915. Reeditado em 1966. Mineola, NY: Courier Corporation, 1966.

Caderno 1: Aprender Ciências no Ensino Fundamental na Perspectiva da Teoria da Complexidade: In(ter)venções em uma Viagem pelo Período Paleolítico.

Caderno 2: Aprender Ciências pela Imaginação.

Caderno 3: Aprendizagens Não Lineares: uma Proposta de Hipertextualização em Ciências no Ensino Fundamental.

Caderno 4: Dispositivo Cadáver: uma Aventura pelo Corpo Humano.

Caderno 5: Dispositivos Complexos de Aprendizagem no Ensino de Ciências: o Imaginário Mundo da Microbiologia.

Caderno 6: Invenção de Mundos: Pistas para Práticas Inclusivas na Escola.

Caderno 7: Invenção de Mundos como Dispositivo Complexo de Aprendizagem: Pistas para a Produção da Inventividade em Sala de Aula.

Caderno 8: Dispositivos Complexos de Aprendizagem em Ciências: a Experiência da Construção de um “Laboratório Secreto”.

Caderno 9: Atividade Experimental Problematicada (AEP).

Caderno 10: Educação Geológica: um Desafio para as Gerações Futuras.

Caderno 11: Energia e Eletricidade para Professores de Ciências.

Caderno 12: Explorando a Química com Modelos Moleculares 3D: um Guia Didático para Professores.

Caderno 13: Lapbook como Estratégia Didática para o Ensino de Concepções sobre Estrutura Atômica e Periodicidade Química.

Caderno 14: Robótica Educacional para Despertar o Engenheiro nos Jovens.

Caderno 15: Tecnologias para a Inclusão e a Acessibilidade.

Caderno 16: Elementos Químicos em 1 Minuto – Uma Tabela Periódica Sonora.



Coleção Especial

Produtos Educacionais para Inovação Tecnológica e Metodológica

Este caderno pedagógico faz parte da coleção Produtos Educacionais para Inovação Tecnológica e Metodológica no Ensino de Ciências. A disseminação desses produtos, incluindo a produção desses cadernos pedagógicos, recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por meio do Programa Inova EaD (Edital 15/2023). A coleção é composta por 16 e-books produzidos por pesquisadores da Rede de Saberes Articulando Ciência, Criatividade e Imaginação – Rede SACCI.

