
FUNDAMENTOS GERAIS

ÍNDICE

1- CARTOGRAFIA	01
2- ESTRATIGRAFIA	05
3- GEOLOGIA ESTRUTURAL	10
4- GEOLOGIA HISTÓRICA	14
5- GEOMORFOLOGIA	18
6- MINERALOGIA	22
7- PEDOLOGIA	26
8- ROCHAS METAMÓRFICAS	30
9- ROCHAS SEDIMENTARES	34
10- TECTÔNICA DE PLACAS	39

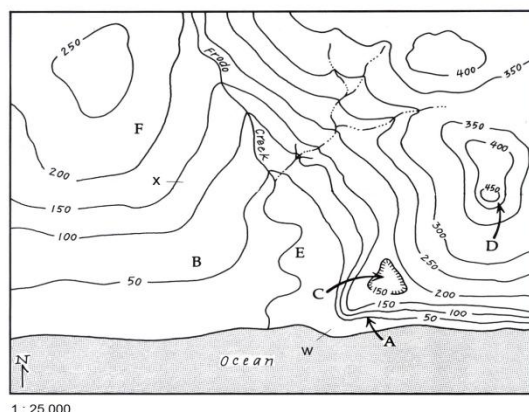
CARTOGRAFIA

- A cartografia geral trata basicamente de informações qualitativas, enquanto a cartografia temática trata de informações qualitativas e quantitativas.
- Os mapas são representações aproximadas da superfície da terra, visto que não se pode passar de uma superfície curva para uma superfície plana sem haver deformação.
- A superfície da terra representada terá maior deformação quanto mais extensa for a região a representar. Tais deformações afetam os ângulos, áreas e os comprimentos.
- Deformação: A disposição de uma figura geométrica é diferente na carta em relação à superfície da terra.
- Uma pessoa posicionada sobre a linha do equador necessariamente está nas coordenadas 0°0'0" de latitude.
- Somente ao longo do equador, a distância representada por um grau de longitude representa aproximadamente um grau de latitude.
- A distância representada por um grau de longitude decresce para zero em direção aos polos.
- A terra é melhor representada por um esferoide (ovo na mesa), no entanto é tratada como esfera com o intuito de fazer cálculos matemáticos mais facilmente.
- O polo sul é mais próximo do equador que o polo norte.

Fig. 01 - Mapa topográfico (abaixo) ilustrando linhas de contorno a partir de um desenho esquemático (acima).



Fig. 02 - Curvas de nível ligando pontos de mesma altitude (cota) e de mesma equidistância.



- Restituição Fotogramétrica: Construção do mapa a partir dos diapositivos fotográficos georreferenciados.
- No Brasil, o ponto de referência para o *datum* vertical é o marégrafo de Imbituba-SC.
- WGS-84 é o *datum* mundial utilizado pelo sistema de rastreamento por satélite (GPS).
- Projeção UTM - Definida por um cilindro tangente a um determinado meridiano. O mundo é dividido em 60 fusos (cada qual com 6° de longitude). A Projeção UTM,

quando comparada com outras, apresenta deformações muito pequenas em todos os aspectos.

- Declinação Magnética - Ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro e o Norte Magnético.

- O Polo Norte Magnético descreve um lento movimento, aproximadamente circular, e de período secular, em torno do Polo Norte Geográfico.

- Geoide - Superfície do potencial gravítico do nível médio dos mares, homogêneo, livre de perturbações, em repouso, sob ação exclusivamente da gravidade.

- Devido a variações na densidade dos elementos constituintes da terra e também por serem irregularmente distribuídas, o geoide normalmente eleva-se sobre os continentes e afunda nas áreas oceânicas.

- Reambulação de fotos: Coleta de dados de campo, de informações sobre acidentes naturais e artificiais obtidos das fotografias.

- Considerando o erro gráfico, a resolução máxima de um modelo digital de terreno produzido pelas cartas 1:100.000 deve ser de 20 m.

- As coordenadas geográficas são ideais para a localização de distâncias, haja vista que 1° de latitude equivale à mesma distância, independente do local na superfície da terra.

- Um grau de latitude corresponde a 111 km em qualquer região da superfície da terra. Da mesma forma, um grau de longitude corresponde a 111 km em qualquer região da superfície da terra.

- Um ponto de coordenadas UTM 256000E e 8500000N no hemisfério norte está mais distante da linha do equador que um ponto com essas mesmas coordenadas no hemisfério sul.

- O sistema UTM é usado entre as latitudes 74°N e 70°S.

- Caminhamento é um método de levantamento topográfico que consiste em percorrer toda a poligonal, medindo-se ângulos e distâncias dos alinhamentos.

- Topografia - utiliza técnicas para determinar a posição tridimensional relativa de pontos da superfície terrestre.

Fig. 03 - Processo de elaboração de um perfil topográfico obtido a partir de mapa correspondente.

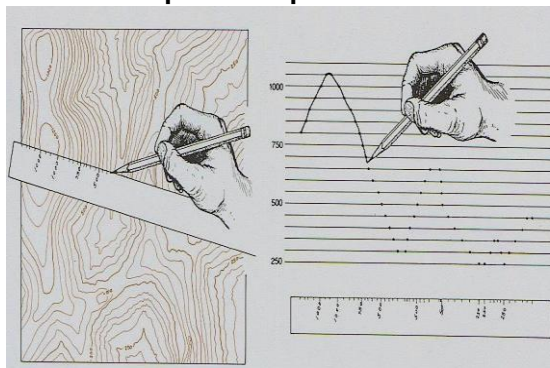
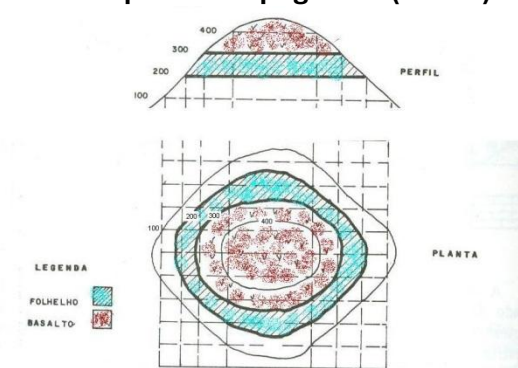


Fig. 04 - Projeção em planta de uma camada horizontal (abaixo) a partir de uma superfície topográfica (acima).



- O elipsoide de revolução foi o modelo matemático adotado que mais se aproxima da forma da terra. Existem também o modelo esférico e plano.

- O nível do mar sofre influências do vento, atração do sol, lua, densidade das massas continentais e do fundo dos oceanos, correntes marítimas, etc.
- O sistema geodésico local utiliza um *datum* planimétrico na superfície terrestre, enquanto o sistema geodésico global utiliza o centro de massa da terra.
- A representação em mapas de diferentes elementos não corresponde a sua real localização geográfica (no terreno), havendo sempre um desvio esperado nas coordenadas, denominado acurácia posicional.
- A latitude de um ponto da superfície terrestre é o ângulo que forma a normal a superfície, neste ponto, com o ponto que contém a linha do equador.
- Um ponto geográfico situado em qualquer lugar do Brasil possui a coordenada latitude A e longitude B, onde A e B são ângulos que representam as distâncias do ponto ao equador e ao meridiano de Greenwich, respectivamente.
- A dinâmica terrestre (interna e externa) proporciona a variação temporal das coordenadas.
- A acuracidade significa a proximidade do posicionamento de pontos na representação cartográfica em relação ao terreno, e a precisão diz respeito a variabilidade espacial deste posicionamento.
- O melhor elipsoide a ser escolhido para uma região é aquele que melhor se ajusta ao geoide da região. Sendo os parâmetros definidores do sistema vinculados a um ponto na superfície terrestre.
- Qualquer sistema de projeção representará a superfície terrestre com deformações (ângulos, áreas e comprimentos), que são tanto maiores quanto mais extensa for a região a representar.
- Atualmente é obrigatório a adoção de sistemas de referência que forneçam um georreferenciamento global e consideram a variação temporal das coordenadas conforme a dinâmica terrestre. Na América do Sul foi criado o SIRGAS que deve ser o referencial a ser oficialmente adotado no Brasil em 2014.
- Os Principais sistemas de coordenadas utilizadas são as (i) geográficas, (ii) geodésicas, (iii) geocêntricas terrestre e (iv) planas cartesianas.
- A diferença entre coordenadas geográficas e geodésicas se relaciona ao modelo matemático adotado, a primeira é esférica e a segunda é elipsoidal.
- Medidas planimétricas e altimétricas estão sujeitas a erros gráficos de 0,2 mm e do padrão de exatidão cartográfica que corresponde ao menor comprimento gráfico que o olho humano percebe.
- Mapas e cartas são representações aproximadas da superfície terrestre.
- A projeção mais adequada em um SIG-Sistema de Informação Geográfica é aquela que conserva a área, destacando-se as projeções cônicas de Albers e Azimutal de Lambert. Porém, os ângulos sofrem deformações.
- A precisão das coordenadas geodésicas de uma estação estabelecida por triangulação ou poligonação não é melhor do que 50 centímetros, podendo chegar a precisão centimétrica com o uso do GPS diferencial.
- Ortofoto - imagens retificadas de fotografias aéreas.
- Geodésia - ciência que estuda a forma e as dimensões da terra com alta precisão englobando princípios da astronomia, física e matemática.
- A cartografia geral subdivide-se em cadastral, topográfica e geográfica.
- *Datum* horizontal é o ponto de referência para o posicionamento horizontal de um sistema, sendo escolhido num local de máxima coincidência entre o geoide

e o elipsoide. O *datum* vertical se refere ao nível médio dos mares, ou seja, a superfície do geoide.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. D.; PASSINI, E. Y. **O espaço geográfico**: ensino e representação. 7. ed. São Paulo: Contexto, 1999.

CASTRO, J. **História da cartografia e cartografia sistemática**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2012.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de cartografia**. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2008. 208 p.

FITZ, P. R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 144p.

FRANCISCHETT, M. N. A. **Cartografia no ensino de geografia**: construindo os caminhos do cotidiano. Francisco Beltrão: Grafit, 1997.

GASPAR, J. A. **Dicionário de ciências cartográficas**. 2. ed. Lisboa: Lidel, 2008. 402p.

JOLY, F. A. **Cartografia**. 10. ed. Campinas: Papirus, 2011. 112p.

KATUTA, A. M. A linguagem cartográfica no ensino superior e básico. In: OLIVEIRA, A. U. (Orgs.). **Geografia em perspectiva**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2004. p. 133-139.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003.

NETO, G. C. Perspectivas em cartografia por satélite no Brasil: 1985 a 1990. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 41, 1987.

NOGUEIRA, F. E. **Cartografia**: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2009. 327p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Blücher, 1992.

SCHÄEFFER, N. O. et al. **Um globo em suas mãos**: práticas para a sala de aula. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2011.

SIMIELLI, M. E. R. **Primeiros mapas**: como entender e construir. São Paulo: Atlas, 1993. 4 v.

SOUZA, J. G.; KATUTA, A. M. **Geografia e conhecimentos cartográficos**. São Paulo: UNESP, 2001. 162 p.

ESTRATIGRAFIA

- Estratigrafia de Sequências: Incorpora o conhecimento da sedimentologia, bioestratigrafia, paleogeografia, além de agregar a descrição litológica com apoio de perfis geofísicos de poços, informações paleontológicas, seções sísmicas e outras ferramentas.
- Podem pertencer a uma sequência, sedimentos característicos de todos os ambientes deposicionais, desde marinho profundo até fluvial.
- As sequências deposicionais mantêm relação direta com os espaços existentes nas bacias (fisiografia) e a magnitude das oscilações do nível do mar.
- Estudos geológicos de vários pesquisadores no Brasil e no exterior mostram que a evolução de bacias sedimentares pré-cambrianas é comparável com a evolução de uma bacia Paleo-Mesozoico.
- A ocorrência de rochas conglomeráticas, com aspectos glaciais, em quase todos os continentes, no final do Neoproterozoico, indica uma glaciação global neste período.
- Princípio fundamental da estratigrafia: rochas sedimentares se tornam mais jovens em direção ao topo da sequência.
- Províncias fisiográficas do presente: fluvial, desértico, lacustrino, leques aluviais e costeiros, delta, baía ou estuário, planície costeira e de marés, complexo barreiras-laguna, plataformas e taludes continentais e leques submarinos.

Fig. 01 - Sequência de eventos que permitem a datação relativa de uma camada mais antiga (A) para uma mais jovem (K).

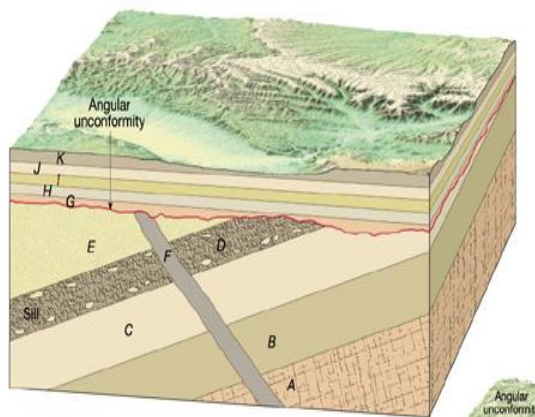
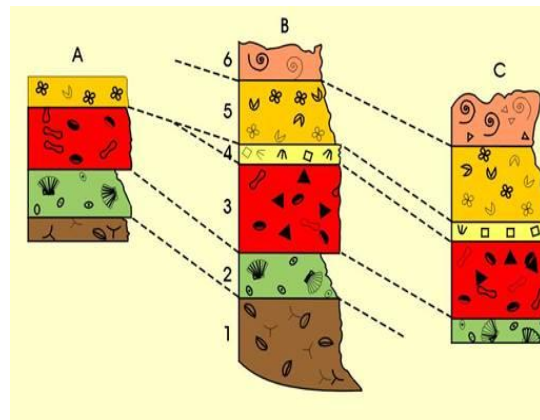


Fig. 02 - Princípio da correlação de camadas que ocorrem em locais diferentes.



- O empilhamento dos sedimentos em uma província fisiográfica não se dá somente por agradação vertical. Os ambientes migram lateralmente também, sendo influenciados por transgressões e regressões em ambiente costeiro e afetados por variações climáticas e tectônicas.
- Até a década de 1950 os paleoambientes de sequências sedimentares eram estabelecidos pelo conteúdo paleontológico e características físicas dos depósitos sedimentares (análises granulométricas, estruturas sedimentares e interpretação do perfil vertical).

- A partir da década de 1960, prevaleceu ao estudo a análise das fácies com a interpretação conjunta de sedimentologia e paleontologia, tendo sido adotado o significado genético, conforme as características faciológicas, e a interpretação conforme as evidências disponíveis.

- A eustasia é independente de fatores locais, como subsidência ou suprimento sedimentar, sendo que a profundidade da lâmina de água varia consoante (i) o suprimento sedimentar, (ii) a própria eustasia e a (iii) tectônica.

- Delgados intervalos estratigráficos em ambientes marinhos, com baixas taxas de deposição, associados a hiatos ou mistura de bio-horizontes, marcam momentos de maior paleopropriedade na bacia.

- A eustasia determina o padrão estratal de deposição e a distribuição de litofácies, enquanto a subsidência tectônica controla a espessura dos sedimentos.

- As modificações químicas, físicas e biológicas da massa de água oceânica estão refletidas nas variações da concentração, composição química e isotópica dos carbonatos e da matéria orgânica contida nos sedimentos, sendo normalmente globais.

- Ocorreu um evento de extinção biótica na passagem Cretáceo/Terciário, marcado pela diminuição dos valores de C^{13} e O^{18} e pelo aumento dos teores de carbono orgânico.

- Ciclos estratigráficos de 1ª ordem são relacionados a fenômenos geotectônicos globais, enquanto aqueles de 3ª ordem são relacionados a glaciações.

- Taxas de sedimentação de carbonatos podem atingir 200m/milhão de anos.

- Os limites das sequências são definidos por superfícies de discordância, constituindo-se superfícies cronoestratigráficas.

- Somente por meio da bioestratigrafia é possível estabelecer o dimensionamento dos hiatos envolvidos nas discordâncias erosivas que delimitam as sequências.

- As ocorrências de terraços conchíferos na costa brasileira são provas para uma ascensão epirogenética de idade recente no Brasil.

- A principal distinção entre os leques aluviais de clima úmido e os de clima árido ocorre nas fácies de ruditos. Nos leques de regiões secas predominam diamictitos sobre os conglomerados clasto-suportados.

- Bacias sedimentares podem ser formadas em regimes tectônicos distensionais e compressionais.

- Entre as principais hipóteses para a origem de bacias sedimentares intracontinentais no país, pode-se mencionar a subsidência térmica ligada aos estágios finais de evolução das faixas de dobramento Neoproterozoicas.

- Unidades litoestratigráficas - Distinguidas e delimitadas por critérios litológicos. As unidades formais são o Grupo, Sub-Grupo, Formação, Membro, Camada, Complexo, Suíte e Corpo.

- Unidades bioestratigráficas - Delimitadas pelo seu conteúdo fóssilífero. Implica em definir seus limites superior e inferior pelo registro biológico. A unidade fundamental é a zona, que caracteriza uma ou mais entidades fósseis.

- As curvas de variação do nível do mar no Fanerozoico demonstram uma subida abrupta no período 500 milhões de anos, com uma queda gradual até o Permiano, estabilizando-se próximo ao nível atual até o Jurássico, com nova

subida abrupta no Cretáceo e queda abrupta durante o Terciário, até alcançar o nível atual.

Fig. 03 - Correlação de camadas utilizando a bioestratigrafia (conteúdo fóssilífero).

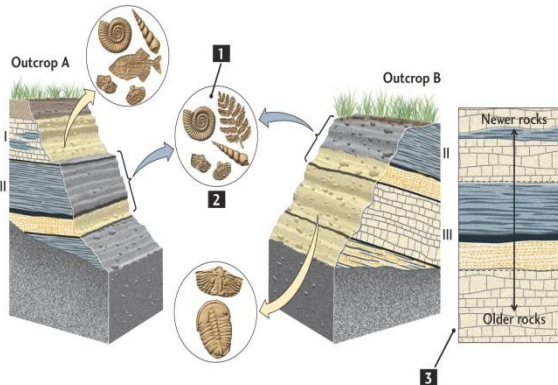
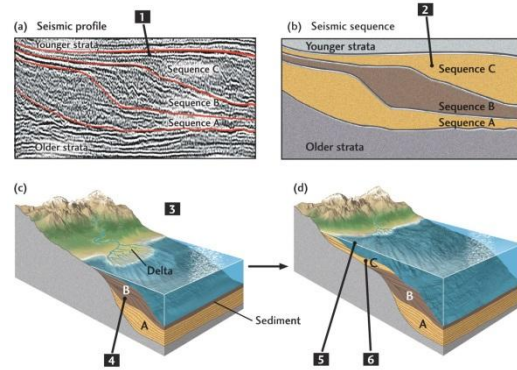


Fig. 04 - Interpretação dos ambientes deposicionais utilizando perfis sísmicos.



- Se a variação do nível do mar é reconhecida em várias partes do mundo, obviamente a causa é a eustática. Se ocorre apenas em uma margem continental, sem correlação com outra área do globo, a causa é de natureza tectônica.

- A relação entre a taxa do suprimento sedimentar e a taxa de variação do nível relativo do mar controla a arquitetura do preenchimento do espaço de acomodação da bacia, podendo ser agradacional, progradacional ou retrogradacional.

- Sistemas deposicionais costeiros dominados por marés dão origem a parassequências com padrão granodecrescência ascendente.

- As vasas marinhas constituem-se de carapaças marinhas formadas em face da ausência de aporte sedimentar terrígeno no local.

- As associações fóssilíferas variam no tempo e no espaço e cada paleoambiente guarda a sua biofácies característica.

- A passagem de um estilo transgressivo de deposição marinha para um regressivo é uma característica marcante da estratigrafia das bacias marginais do atlântico. Porém, não é sincrônica a todas elas.

- O estabelecimento de uma escala cronoestratigráfica mundial para os estratos do Fanerozoico só foi possível graças à existência de fósseis.

- Tanto as unidades bioestratigráficas quanto as unidades litoestratigráficas prestam apoio ao estabelecimento de uma classificação cronoestratigráfica.

- Fósseis retrabalhados não podem ser usados como diagnóstico de unidades bioestratigráficas.

- O soerguimento é causado comumente por fenômenos tectônicos. As causas do eustatismo são de origem paleoclimática e tectônica.

- Os estromatólitos são sucessivas lâminas convexas para cima, de calcita ou dolomita, ocorrendo em sedimentos de idade pré-Cambriana até o Quaternário.

- A distribuição espacial das fácies depende de dois fatores: (1) quantidade de espaço em disponibilidade para a deposição sedimentar e das (2) taxas de acomodação.

- Períodos de transgressão marinha são propícios à especiação (diversificação da comunidade), quando observado em uma coluna, podendo sugerir a proximidade de uma posição de nível de mar alto.
- Conhecendo-se o comportamento do substrato marinho ao longo do tempo, é possível diferenciar áreas que estiveram sujeitas a maior subsidência daquelas que foram soerguidas relativamente.
- A análise integrada de um conjunto de curvas paleobatimétricas fornece evidências às variações relativas do nível do mar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROOKFIELD, M. E. **Principles of stratigraphy**. [s. l.]: Blackwell, 2004.
- CHANG, H. K.; KOWSMANN, R. O. Interpretação genética das seqüências estratigráficas das bacias da margem continental brasileira. **Revista brasileira de geociências**, n. 17, p. 74-80, 1987.
- DELLA FÁVERA, J. C. Fundamentos de estratigrafia moderna. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2001.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTRATIGRAFIA. **Guia estratigráfico internacional**: uma versão condensada. Editada por Michael A. Murphy e Amos Salvador. Disponível em: <http://bit.ly/2HG5gG7>. Acesso em 27 maio 2019.
- HOLZ, M. **Estratigrafia de seqüências**: histórico, princípios e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.
- KOUTSOUKOS, E. A. M. **Applied stratigraphy**. [s. l.]: Springer, 2005.
- MENDES, J. C. **Elementos de estratigrafia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1984.
- MIALL, A. D. **Principles of sedimentary basin analysis**. New York: Springer-Verlag, 1990.
- MILANI, E. J.; RAJA GABAGLIA, G. P. **Origem e evolução das bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1990.
- NICHOLS, G. **Sedimentology and stratigraphy**. London: John Wiley & Sons, 2009.
- PETROBRÁS. Cartas estratigráficas das bacias sedimentares brasileiras. **Bol. Geociências Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, 2007. Disponível em: <http://bit.ly/2QoNyJS>. Acesso em: 27 maio 2024.
- READING, H. G. **Sedimentary environments**: processes, facies and stratigraphy. [s. l.]: Blackwell Science Ltd., 1996.

RIBEIRO, Hélio J. P. S. **Estratigrafia de sequências**: fundamentos e aplicações. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2001.

SOUZA, C. R. G. *et al.* **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

GEOLOGIA ESTRUTURAL

- A investigação estrutural pode ser feita pelo método indutivo, avaliando a geometria, por meio dos afloramentos e correlações, e pela cinemática, relacionada aos movimentos das massas.
- Análise estrutural: tem o sentido de estabelecer a forma, extensão e arranjo das estruturas, bem como a sequência temporal em que elas se desenvolveram em uma determinada área.
- A análise estrutural apresenta três abordagens: a análise geométrica, cinemática e dinâmica. No estudo e interpretação da deformação, as dificuldades aumentam quando se passa, sucessivamente, por esta ordem de abordagem.
- As estruturas rúpteis são representadas por descontinuidades classificadas como juntas, falhas, fraturas e clivagem de fratura.
- As estruturas dúcteis são representadas por dobras, zonas de cisalhamento dúctil, foliações, lineações (mineral e estiramento).
- Durante a progressão da deformação, diferentes estruturas se desenvolvem em diferentes estágios.
- Reologia: Parte da física que investiga o comportamento plástico, elástico, viscoso e de escoamento dos materiais em geral.
- O comportamento do material submetido à tensão pode ser classificado como rúptil, elástico e dúctil ou plástico dependendo da profundidade.
- Zonas de cisalhamento rúptil são caracterizadas pela presença de *slikensides* e pela ocorrência de rochas cataclásticas.

Fig. 01 - Exemplo de esforços (compressão-distensão) dando origem a deformação das rochas.

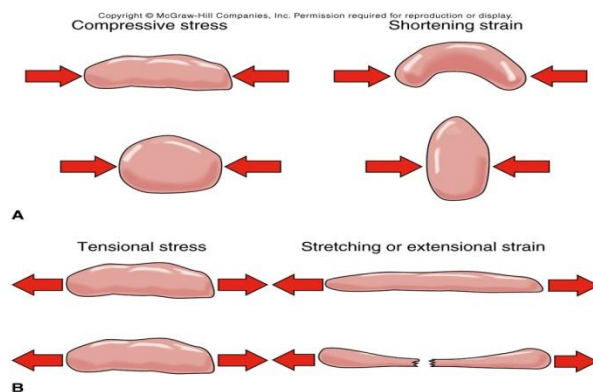


Fig. 02 - Desenho esquemático demonstrando lineamentos (vermelho) da falha San Andres (Califórnia/USA).



- Falha: Ocorrência de movimentação diferencial entre os blocos paralelos à superfície da fratura.
- A deformação das massas rochosas envolve sempre alguma distorção, translação e rotação, sendo comum, ainda, a dilatação.
- A competência da rocha é tanto maior quanto maior for a rigidez ou menor a plasticidade.
- O limite de elasticidade, o limite de resistência e o esforço máximo diminuem com a presença de fluidos.

- A temperatura do meio depende da profundidade, do fluxo geotérmico e da conversão de energia. O aumento da temperatura e pressão reduz o limite de elasticidade, o limite de resistência e o esforço máximo.
- A aplicação lenta de esforços induz deformação lenta e esta será tanto maior quanto maior o tempo de aplicação.
- Uma mesma deformação pode ser produzida por diferentes esforços, desde que sejam aplicados por tempo específico.
- O campo de comportamento rúptil se situa entre a superfície até 10-15 km.
- Rochas cataclásticas coesas, com mais de 90% de fragmentos, são denominadas brechas, com 90-50% de fragmentos são denominadas protocataclasitos, com 50-10% de fragmentos são denominadas cataclasitos e com menos de 10% são denominadas ultracataclasitos.
- As aberturas das juntas podem ser impostas por tectonismo, alívio de carga na superfície ou efeitos gravitacionais.
- Tensão: força por unidade de área. A tensão em cada face pode ser decomposta na componente normal (σ_N) e de cisalhamento (σ_T), respectivamente perpendicular e paralela à face considerada.
- Eixos cinemáticos: X (σ_3) = eixo de estiramento máximo; Y (σ_2) = eixo intermediário e Z (σ_1) = eixo de encurtamento máximo.
- A deformação rúptil gera fraturas de partição (extensão) e fraturas de cisalhamento (par conjugado).
- Na deformação dúctil é comum haver mudança de volume (remobilização de fluidos).
- Na tipologia de falhas denominada Anticlinal, o núcleo contém rochas mais antigas.
- Falha antitética: Falha que mergulha na direção oposta ao mergulho dos horizontes.
- Beta: Fator que quantifica o estiramento crustal em zonas distensionais. O beta é sempre maior que 1, referindo-se ao comprimento de um determinado segmento após o estiramento. Quando o Beta é menor que 2, não se manifesta vulcanismo. Quando o Beta é maior que 2, pode ocorrer o vulcanismo (magma basáltico-alcálico).
- Gama: Fator que quantifica a redução da espessura da crosta original em determinado ponto, quando esta sofre estiramento.
- Fases de um ciclo geotectônico: Pré-orogênico (pré-rift, rift, proto-oceano e oceano), precoce orogênico, sin-orogênico, tardi-orogênico e terminal orogênico.
- Litosfera: Camada exterior da terra definida pelo comportamento geofísico do meio, constituída pela crosta e parte do manto superior. Ocorre a transferência de calor somente por condução.
- Na obdução os cavalgamentos da litosfera oceânica geram as suítes ofiolíticas.
- As gerações de dobras são denominadas D1, D2. As foliações são denominadas de S1, S2 e as lineações são denominadas de L1 e L2.
- Em geologia, é mais generalizado o uso do diagrama de Schmidt (igual área), em relação ao de Wulff (igual ângulo), pois o primeiro se presta ao traçado de curvas de isopercentuais.

Fig.03 - Exemplos característicos de diferentes tipos de dobras (acima) e falhas (abaixo).

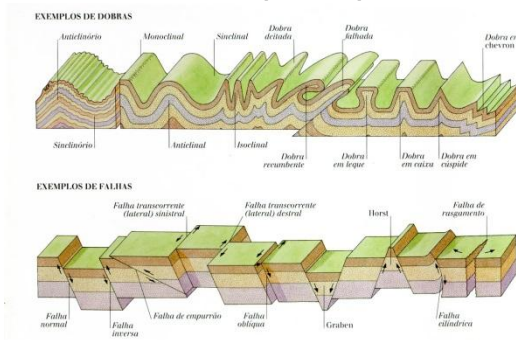
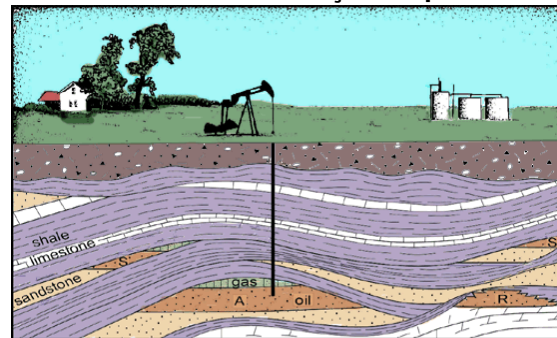


Fig. 04 - Perfil esquemático demonstrando camadas dobradas e armadilhas de acumulação de petróleo.



- Padrão característico de estruturas na tectônica transcorrente: *en Echelon* (estruturas dispostas paralelamente entre si), mas oblíquas à zona de deformação a qual estão relacionadas (semelhante a um “pente velho”).
- Zonas de cisalhamento dúcteis: milonitização (fluxo plástico, estiramento, recristalização, ausência de ruptura mecânica).
- As falhas se formam sempre em direção à região que vai sendo aliviada de carga.
- Como consequência do estiramento, ocorre um desequilíbrio isostático, compensado com a subsidência.
- Resultado do estiramento: ocorrência de uma subida da astenosfera na região da litosfera afinada.
- Mudança de comportamento deformacional do quartzo de rúptil para dúctil ocorre a aproximadamente 350°C e da olivina a 950°C.
- Os sistemas de grábens ocorrem comumente em bacias pós-tectônicas, vinculadas a distensões e abatimentos de cinturões anteriormente móveis.
- A principal atividade geológica observada nas zonas de cadeias mesoceânicas é o vulcanismo de composição toleítica (tipo MORB).
- No processo de colisão continental, o vulcanismo é pouco significativo. Neste caso predominam os processos de deformação e de metamorfismo.
- Planos de ruptura por tração tendem a ser abertos, enquanto os de cisalhamento são fechados.
- Um *thrust* (empurrão) causa um espessamento da crosta, gerando um processo de desequilíbrio isostático.
- Na fase principal de rifteamento, há formação de *horsts* e *grábens*, com blocos elevados e rebaixados. Nessa fase, a subsidência mecânica regional é dominante.
- Rampas frontais desenvolvem cavalgamentos. Rampas laterais desenvolvem transcorrências e nas oblíquas o movimento é oblíquo.
- *Nappes* de cavalgamento são alóctones, têm grandes dimensões e deslocamentos maiores que 10 km.
- As feições ligadas à geometria de sistemas transcorrentes são estruturas de encurtamento e estiramento, desnivelamento de blocos, pouco ou nenhum magmatismo, fraco ou nenhum metamorfismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAVIS, G. H.; REYNOLDS, S. **Structural geology of rocks and regions**. [s. l.]: John Wiley & Sons, 2006.
- FIORI, A. P. **Introdução à análise da deformação**. Curitiba: UFPR, 1997.
- FOSSEN, H. *Geologia estrutural*. São Paulo: Oficina das Letras, 2012.
- FOSTER, N. H.; BEAUMONT E. A. **Structural concepts and techniques I: basic concepts, folding and structural techniques**. AAPG, 1988.
- HASUI, Y.; MIOTO, J. A. **Geologia estrutural aplicada**. ABGE/VOTORANTIM, 1992.
- LOCZY, L; LADEIRA, E. **Geologia estrutural e introdução à geotectônica**. Edgard Blucher, 1976.
- MARSHAK, S.; MITRA, G. **Basic methods of structural geology**. Prentice Hall, 2006.
- MOHRIAK, W.; SZATMARI, P.; ANJOS, S. M. C. **Sal, geologia e tectônica: exemplos nas bacias brasileiras**. São Paulo: Beca, 2008.
- PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. **Microtectonics**. Springer, 2005.
- POWELL, D. **Interpretation of geological structures through maps**. Longman, 1994.
- PRICE, N J; COSGROVE, J. W. **Analysis of geological structures**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- RAMSAY, John G; HUBER, Martin I. **The techniques of modern structural geology**. London: Academic Press 1983.
- ROWLAND, Stephen Mark; DUEBENDORFER, Ernest M.; SCHIEFELBEIN, Ilsa M. **Structural analysis and synthesis: a laboratory course in structural geology**. 3rd ed. Malden, MA: Blackwell Publishing, 2007.
- SUPPE, John. **Principles of structural geology**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1985.
- TWISS, Robert J; MOORES, Eldridge M. **Structural geology**. 2nd ed. New York: W. H. Freeman, 2007.

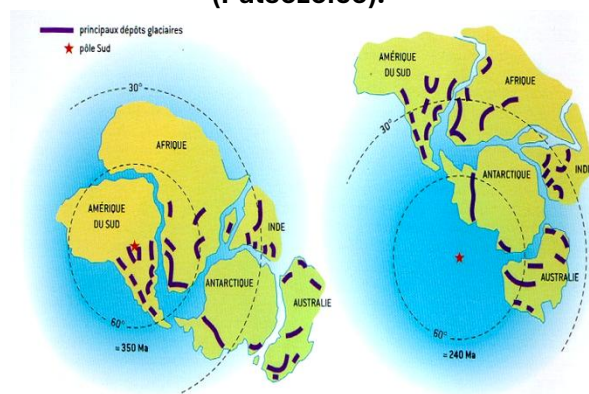
GEOLOGIA HISTÓRICA

- Idades do tempo Geológico: Arqueano: 4.600? - Proterozoico Inferior: 2500 Ma
- Proterozoico Médio: 1700 Ma - Proterozoico Superior: 1000 Ma - Cambriano: 570 Ma - Triássico: 225 Ma - Cenozoico: 65 Ma - Quaternário: 1,8 Ma – Holoceno: 11.000 anos.
- Para os últimos 50.000 anos, utiliza-se a datação radiométrica C^{14} . Todos os seres vivos têm a mesma proporção de C^{14} em relação ao carbono C^{12} , que permanece constante até a morte, quando então se desintegra em uma meia-vida de 5.730 anos.
- Os isótopos radioativos de meia-vida longa, utilizados na geocronologia, são, entre outros, o Tório, o Potássio e o Samário.
- Os isótopos C^{14} com meia vida de 5.730 anos são utilizados para datação de sedimentos com materiais de natureza orgânica.
- A partir de 570 Ma (Fanerozoico) tem início a abundância de fósseis animais e vegetais. Marca a fase do aparecimento de partes duras nos organismos que até então eram de constituição mole (difícil preservação).
- Cambriano: Muitas algas e invertebrados - trilobitas. No Ordoviciano e Siluriano se tornam comuns os briozoários e os corais, e as plantas começam a sair das águas para o ambiente terrestre.
- Devoniano - Marca a idade dos peixes, os quais originam os anfíbios e, por sua vez, os répteis.

Fig. 01 - Escala do tempo Geológico simplificada.

Era	Period / Epoch	Age
CAENOZOIC	Pleistocene	1.8
	Pliocene	5
	Miocene	25
	Oligocene	38
	Eocene	55
	Palaocene	65
MESOZOIC	Cretaceous	144
	Jurassic	213
	Triassic	248
	Permian	286
PALAEOZOIC	Carboniferous	354
	Devonian	412
	Silurian	435
	Ordovician	492
	Cambrian	570
	Precambrian	Millions of years

Fig. 02 - Localização dos continentes no período Carbonífero e Permiano (Paleozoico).



- O grande continente Pangeia que se formou no fim do Paleozoico se desintegra progressivamente no Mesozoico.
- Na análise radiométrica pelo método K/Ar são utilizados minerais separados, preferencialmente o anfibólio, as micas e feldspatos. São preferíveis aqueles de granulometria grosseira e, em rocha total, se a mesma é de natureza vulcânica.
- Para a datação radiométrica pelo método U/Pb os minerais recomendados são o zircão, titanita e monazita, dada a resistência ao intemperismo.
- A datação pelos fósseis é bastante utilizada pela sua ampla distribuição espacial, fácil identificação, boa preservação e curto período de vida.

- No Jurássico e Cretáceo são abundantes os foraminíferos, sendo o Triássico conhecido como o ápice no desenvolvimento dos répteis.
- Um bom fóssil-guia se caracteriza pelo (i) restrito intervalo de vida no tempo geológico, (ii) pela grande distribuição geográfica e (3) boa representatividade.
- No Cambriano os fósseis índices mais importantes são os trilobitas.
- O Permiano é marcado pelo clima quente no hemisfério norte e clima frio no hemisfério sul, tendo os continentes com a maior extensão comparativamente às demais épocas do Paleozoico.
- Durante o Triássico o território brasileiro deve ter permanecido emerso, e sob condições climáticas áridas. Neste período, devido à falta de competição, os répteis tiveram uma grande evolução.
- O Cretáceo é caracterizado por grandes transgressões marinhas em todos os continentes.
- Tanto no fim do Paleozoico, como do Mesozoico, foram períodos marcados pela acentuada instabilidade tectônica, surgindo formas de vida aberrantes de diferentes naturezas.
- Ao contrário do hemisfério norte, no Brasil não foram registradas glaciações no Pleistoceno. As áreas mais importantes de sedimentação Quaternária no país se localizam no vale do rio Amazonas, Pantanal e áreas de sedimentação costeira.
- Sambaquis: local de significativo acúmulo de conchas e material orgânico, eventualmente contendo utensílios e ossos humanos, denotando a existência de vida pretérita.
- Métodos radiométricos como C^{14} , Termoluminescência e Ressonância de spin eletrônico datam madeira, carvão, ossos, cerâmica, calcário, quartzo, não ultrapassando 100.000 anos.
- O período mais antigo do Paleozoico (Cambriano, Ordoviciano e Siluriano) não apresentaram formação de cadeias de montanhas e vulcanismo. Sendo caracterizado por terras baixas e mares pouco profundos.
- O petróleo e o gás mais antigos que se conhecem se encontram em rochas Ordovicianas no hemisfério norte.
- Permocarbonífero: período de colisão do Gondwana com a Laurásia, formando o Pangeia, resultando na formação dos Apalaches na costa leste dos EUA e dos Urais. Tratava-se de um supercontinente com todos os climas atualmente conhecidos.
- Enquanto no Permocarbonífero da Laurásia crescia a flora carbonífera tropical, ao sul, no Gondwana, se desenvolvia a flora temperada, conhecida como a flora de glossopteris (hoje extinta), mostrando que o sul do supercontinente Pangeia se localizava próximo ao polo antártico.
- O carvão que ocorre no Brasil é de idade Permiano inferior (originado de árvores de menor porte que aquelas do carvão existente no hemisfério norte).
- A flora glossopteris e a fauna de mesossauros foram as primeiras evidências de deriva continental (América do Sul e África), visto não ser possível a passagem destas plantas e répteis, de ambiente de água doce, através do oceano atlântico.
- A terra está em contínuo processo de desaceleração na velocidade de rotação, tendo sido constatado que no passado os dias eram mais curtos e com circulação atmosférica mais ativa. A atmosfera primitiva era provavelmente muito diferente da atual: pobre em oxigênio e abundante em hidrogênio e hélio, passando a ser semelhante à atual apenas no Fanerozoico.

Fig. 03 - Variação das condições ambientais do planeta no último máximo glacial (abaixo) em relação aos dias atuais (acima).

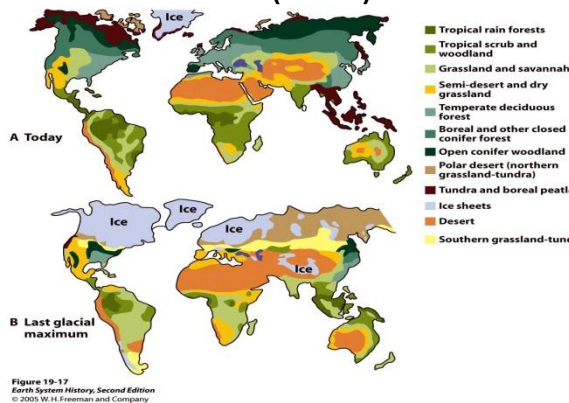


Fig. 04 - Conteúdo fóssilífero existente em amostra de rocha sedimentar.



- Panthalassa: Oceano correspondente ao supercontinente Pangeia.
- Os primeiros organismos encontrados em rochas do arqueano são bactérias que se desenvolviam em ambiente anaeróbico.
- Durante o Quaternário (1,8 Ma ao recente), os registros indicam que ocorreram pelo menos dezesseis glaciações com duração média de 100.000 anos, intercaladas com épocas mais quentes (interglaciais), com duração aproximada de 20.000 anos.
- Origem das glaciações: (i) movimentos orbitais da terra, como alteração da distância terra-sol, (ii) obliquidade da elíptica, (iii) geometria da órbita terrestre (precessão) e a (iv) coexistência destes eventos.
- Na distribuição climática ao longo do tempo geológico, considera-se que, atualmente, no Holoceno, estamos vivenciando um período interglacial, com calor e umidade, decorrente do final da última glaciação (Wurm). Admite-se que este último grande período glacial tenha terminado há 18.000 anos, ocasionado por fatores de ordem orbital.
- Em troncos de árvores que crescem em latitudes médias a altas, são formadas células grandes na primavera e verão e pequenas no outono e inverno, sendo assim mapeáveis através da dendrocronologia.
- O final do Mesozoico, tanto quanto no final do Paleozoico, são períodos caracterizados por grande número de extinções no mar e na terra.
- Métodos usados para datação de materiais quaternários: (i) termoluminescência: cerâmicas, carbonatos. (ii) traços de fissão: minerais apatita, biotita, epidoto, esfero. (iii) ressonância paramagnética eletrônica: espeleotemas (carbonatos, quartzo e sílex).
- Entre 1 Ba e 542 Ma., no final do Proterozoico, a terra foi congelada em pelo menos dois períodos.
- A desertificação do Mesozoico afetou somente os animais terrestres, sendo que a fauna marinha permaneceu ilesa.
- Na evolução das espécies, observa-se que quanto mais acentuada seja a eliminação, maior tem sido a prosperidade atingida pelos sucessores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO NEVES B. B. A saga dos descendentes de Rodínia na construção de Gondwana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 1 (Sulemento), p. 77-88, 2003. Disponível em: <http://bit.ly/2MbB3Tt>. Acesso em: 29 maio 2019.
- CELINO, J. J.; MARQUES, E. C.; LEITE, O, R. Da deriva dos Continentes a Teoria da Tectônica de Placas: uma abordagem epistemológica da construção do conhecimento geológico, suas contribuições e importância didática. **Geo.br**, n. 1, p. 1-23, 2003.
- CERVATO, C.; FRODEMAN, R. A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. **Terrae Didatica**, v.10, n. 1, p. 67-79, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/2HIEZXY>. Acesso em 29 maio 2019.
- DOTT, Robert H. **Evolution of the earth**. 2. ed. New York: McGraw-Hill Book, 1971.
- DUNBAR, Carl O. **Geologia histórica**. Mexico, D.F.: Companhia Editorial Continental, 1961
- EICHER, Don L. **Tempo geológico**. São Paulo: E. Blücher, 1982.
- FARIA, F. O. Atualismo entre uniformitaristas e catastrofistas. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 101-109, 2014. Disponível em: <http://bit.ly/2KcfQXd>. Acesso em: 29 maio 2019.
- GALOPIM DE CARVALHO, A.M. **Evolução da Terra e da Vida**. [s. l.]: Pavilhão do Futuro, 1998. p. 73-85
- MCALISTER, A. Lee. **História geológica da vida**. 1. ed. São Paulo: E. Blücher, 1971.
- OZIMA, MINORU. **Geo-história: A evolução da terra**. Brasília, DF: Ed. da Universidade de Brasília, 1991.
- SALGADO-LABOURIAU, Maria Léa. **História ecológica da terra**. São Paulo: E. Blücher, 1994.
- SCHOPF, J.W. Major events in the history of life. [s. l.]: Jones and B Publishers, 1992.
- STANLEY, S. M. **Exploring earth and life through time**. [s. l.]: W. H. Freeman and Company, 1993.
- SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?**. São Paulo: Paulo's, 1999.
- TEIXEIRA, Wilson *et al.* (Org.). **Decifrando a terra**. São Paulo, SP: Companhia Editora Nacional, 2000.

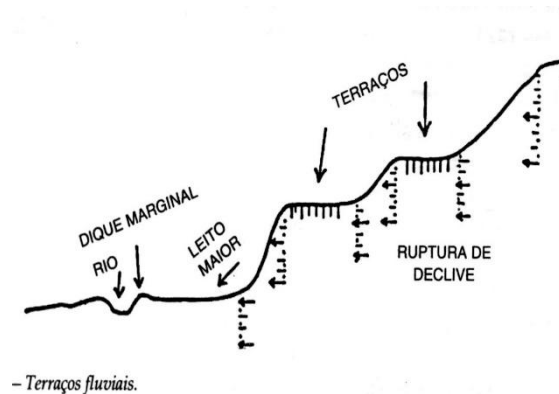
GEOMORFOLOGIA

- A geomorfologia analisa as formas de relevo focalizando suas características morfológicas, materiais componentes, processos atuantes, fatores controladores e a dinâmica evolutiva.
- A geomorfologia cárstica compreende o estudo da forma, gênese e dinâmica dos relevos elaborados sobre rochas solúveis pela água, como carbonatos e evaporitos.
- Dolina é a feição mais típica de uma paisagem cárstica, geralmente de configuração circular ou elíptica.
- O perfil transversal dos canais anastomosados é largo, raso e grosseiramente simétrico.
- Para os canais meandantes se formarem, é necessário gradientes baixos, fluxos contínuos e regulares, cargas de suspensão e fundo equivalentes, sendo sua capacidade de transporte mais baixa que os padrões anastomosados.
- Rios consequentes: são determinados pela inclinação do terreno. Rios subsequentes: são controlados pela estrutura rochosa (falhas, diáclases). Rios obsequentes: seguem o sentido inverso das camadas. Rios insequentes: segue em direção variada, sem controle geológico/estrutural.
- No Quaternário se supõe que as superfícies de erosão estariam associadas a fase de clima seco, com chuvas concentradas, enquanto os encaixamentos de drenagem por incisão fluvial, levando ao escalonamento das superfícies de erosão, estariam ligadas as fases de clima úmido em períodos interglaciais.

Fig. 01 - Remanescentes do relevo preservado da ação intempérica. Arizona/USA.



Fig. 02 - Feições características da geomorfologia fluvial.



- Os eventos erosivos são de difícil observação quando se somam a movimentos tectônicos de idade Quaternária que também agem no escalonamento da superfície.
- Sedimentos Quaternários: compreendem depósitos de pequena espessura, recorrência, similaridade de fácies, distribuição descontínua sob múltiplas formas de relevo.
- No Quaternário brasileiro são definidas sequências colúviais mapeadas, relacionadas à discordância erosiva, acompanhadas por linhas de seixos e perfis de solos superpostos, sendo o mesmo observado para depósitos aluviais.

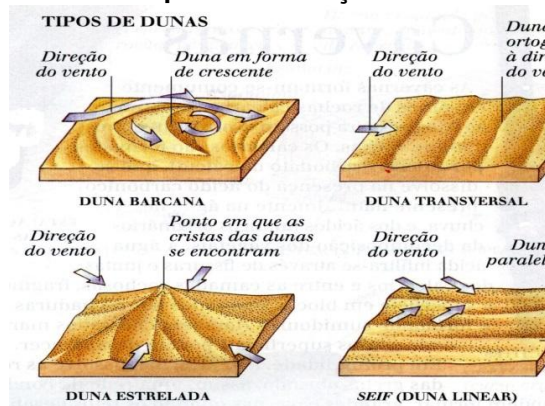
- Uniformitarismo: Parte do princípio de que todos os processos que atuam no passado foram regidos pelos mesmos princípios atuais.
- Os rios podem ser vistos como um sistema aberto, em termos de entrada (input) e saída (output) de matéria e energia. A Autorregulação ou trocas negativas podem ocorrer, criando um novo estado de equilíbrio entre as formas e os processos.
- Sítios erosivos e deposicionais são ativos nos canais principais e controlados pela direção do talvegue. As formas de leito migram durante o ciclo hidrodinâmico.
- Em pequenos trechos do rio, os canais podem exibir características hidrodinâmicas próprias. Isso faz com que existam diferenças relevantes em relação à sua morfologia e forma de leito.
- A superfície do vale (canal e planície) é empregada como referência para definir o nível de margens planas natural.
- Talvegue: Linha de máxima profundidade ao longo do leito. Nestes, os canais retilíneos são raros.
- Rios entrelaçados apresentam dois ou mais canais com barras entre os canais, sendo instáveis e de alta relação largura/profundidade, alta declividade e, geralmente, com baixa sinuosidade.
- 75% das rochas que cobrem os continentes são de natureza sedimentar.
- Áreas tectonizadas tendem a gerar rególitos mais espessos que áreas estáveis.
- Em regiões temperadas atuais, os rególitos são recentes, dado o efeito exumador das glaciações Pleistocênicas. Já nas regiões tropicais, cratônicas e estáveis podem ter dezenas a centenas de milhões de anos. No pré-Cambriano do oeste da Austrália, os solos são Proterozoicos e mais comumente de idade Terciária.
- O estágio de maturidade no ciclo de Davis é representado pelo relevo suave e não por rios fortemente meandrantos.
- Regiões submetidas a processos tectônicos recentes apresentam relevo mais movimentado que as áreas tectonicamente estabilizadas. Nas frentes de escarpas de falha normais, as facetas trapezoidais e triangulares são comuns.
- Na juventude, a rede hidrográfica é determinada pela declividade. Na senilidade, também pela estrutura geológica.
- O relevo de uma região depende do agente esculptor, de sua intensidade e do material esculpido.
- Por ocasião do último máximo da última glaciação (Wurm), há cerca de 17.000 anos, o nível do mar abaixou 110-130 metros em relação ao atual, o que provocou forte regressão da linha de costa e erosão da área exposta.
- Estudos paleoambientais no Quaternário - Usa-se também a palinologia, pelo qual se obtém informações sobre o clima e reconstrução da vegetação.
- Tempos atuais e no Quaternário: Para a América do Sul, a posição geográfica e topográfica pouco variou, porém, os paleoclimas sofreram forte oscilação.
- Paisagem plana ou suavemente ondulada: ausência de deformação em contexto orogênico Brasileiro. Exemplo: Planalto das Guianas e Brasil Central.
- Plataforma brasileira: afetada por soerguimento pós-Cretáceo comprovado pela intensidade de erosão durante o Cenozóico.

- Wealdeniana - Última reativação importante da plataforma sul-americana que se processou no Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior (causou a fragmentação do Pangeia), alterando a geomorfologia do continente.

Fig. 03 - Deslizamentos de encostas ocorrido em Santa Catarina em 2008.



Fig. 04 - Tipologias de dunas eólicas com as respectivas direções de vento.



- Deposição de sedimentos em ambientes costeiros: condicionada pelas ações das ondas e correntes litorâneas, a qual depende de sua intensidade, taxa de suprimento das areias e declividade da zona costeira.

- Fator tectônico nas feições geomorfológicas do Quaternário: São elementos de anisotropia que exercem controle sobre o intemperismo químico e nas redes de drenagens, processos fundamentais à morfogênese.

- Quaternário - alternância de períodos glaciais e interglaciais - flutuações do nível do mar - transgressões e regressões - vida efêmera e transformação constante dos estuários, lagunas e manguezais.

- O intemperismo físico na desagregação das rochas age a não mais de 20 cm. O regolito no nordeste brasileiro tem espessuras médias de 1 a 2 metros.

- As classes de declividade do relevo são (i) muito fracas quando até 6%, (ii) médias quando de 12 a 20% e (iii) muito fortes quando acima de 30%.

- Dentro da subdivisão morfotectônica do Brasil, considera-se a região norte como compartimento morfotectônico isotrópico e as demais regiões como compartimento morfotectônico anisotrópico, sendo ambos separados pelo lineamento Transbrasiliano (NE-SW).

- Feições de deformação em sedimentos Quaternários podem incluir linhas de pedras, colúvios, bem como vales suspensos, deformações em terraços fluviais e adernamento de depósitos recentes.

- Efeitos da neotectônica: anomalias de drenagem, capturas fluviais, formação de lagos e anormalidade em elementos de bacias hidrográficas.

- Período Quaternário: a maioria dos depósitos é de origem continental, sendo normalmente pobres ou estéreis em fósseis, exceção dos mamíferos.

- As planícies de inundação são paisagens dinâmicas que exibem variedade de ambientes sedimentares locais e processos que mudam ao longo do tempo, conforme evoluem.

- Exemplo de agradação: planícies aluviais, terraços fluviais, depressões e lagos.

- Exemplo de degradação: formas de relevo submetidas a processos erosivos, tais como superfícies de aplainamento, agrupamentos de morros e colinas com e sem controle estrutural, apresentando graus de dissecação variáveis.
- Exemplo de superfícies estruturais/denudacionais: relevos residuais que emergem das superfícies aplainadas e agrupamentos de colinas com controle estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; SANTOS, Gilberto Friedenreich dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- BLOOM, Arthur L. **Superfície da terra**. São Paulo: E. Blucher : Ed. da USP, 1970.
- CASSETI, Walter. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: UFG, 1990.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 1980
- CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- GUERRA, Antonio José Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 7. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. (Manual técnico em geociências; n.5)
- PENTEADO, Margarida Maria. **Fundamentos de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.
- PEULVAST, Jean Pierre., Sales, Vanda Claudino. **Aplainamento e Geodinâmica: Revisitando um problema clássico em Geomorfologia**. Revista de Geografia da UFC, ano 1, n. 1, 2002.
- PRESS, Frank. **Para entender a terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- RICE, R.J. **Fundamentos de geomorfología**. Madrid: Paraninfo, 1983.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 1990.
- TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; MARQUES NETO, Roberto; MENEZES, Sebastião de Oliveira. **Introdução à geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

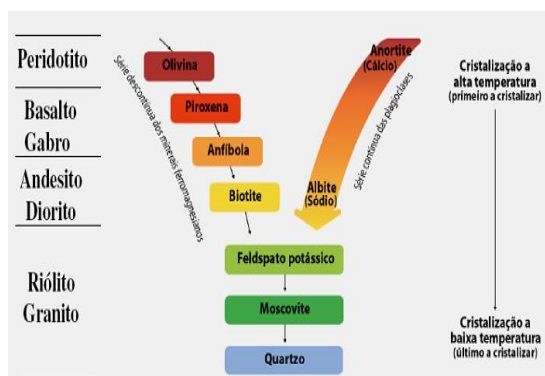
MINERALOGIA

- O que caracteriza um mineral: processo natural, fórmula química definida, caráter sólido e homogêneo, estrutura cristalina peculiar e natureza inorgânica.
- Se reconhecem duas mil espécies minerais na natureza, sendo que aproximadamente vinte constituem a maioria dos tipos representativos de rochas.
- Os minerais são substâncias sólidas, não são líquidos nem gases. Cristais de gelo, por exemplo, são minerais.
- Os minerais são classificados em oito grupos, a maioria definidos de acordo com seus ânions. São eles os elementos nativos, óxidos de hidróxidos, haletos, carbonatos, sulfatos e silicatos.
- 99% da crosta é constituída por somente nove elementos químicos.
- A classificação das rochas ígneas pode ser feita quanto ao conteúdo mineral, modo de ocorrência, composição química e índice de cor.
- Mineral Acessório - Formado pela cristalização primária (esfeno, magnetita).
- Mineral Secundário - originado devido à alteração (clorita).
- Índices de cor: Estabelecida pela presença de minerais máficos: Leucocráticas (0-35%), Mesocráticas (35-65%), Melanocráticas (65-90%), Ultramáficas (90-100%).
- Rochas Ácidas: > 66% de SiO_2 ; Intermediárias (66-52%), Básicas (52-45%), Ultramáficas (< 45% de SiO_2).
- Elementos maiores: presentes em quantidades maiores que 1% nas rochas. SiO_2 , Al_2O_3 . Elementos menores: presentes em quantidades entre 1% e 0,1%. Exemplo: H_2O , TiO_2 , MnO . Elementos traços: em quantidades menores que 0,1% (≤ 1.000 ppm).

Fig. 01 - Equipamentos básicos para determinação de minerais (incluindo o ímã e frasco de ácido diluído).



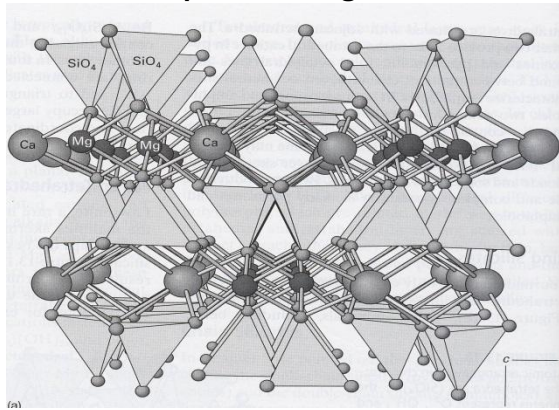
Fig. 02 - Série de Bowen referente à cristalização dos minerais.



- A classificação acima (elementos maiores e menores) é dependente do tipo de rocha. Sendo, no entanto, a classificação expressa em percentagem em peso e, para os elementos traços, expressa em ppm.
- 1 ppm = 1 grama por tonelada.
- A ordem de cristalização nas rochas ígneas começa com os constituintes menores (apatita, zircão, titanita, etc.).

- Quanto ao grau de cristalização - holocristalinas (só cristais) – holoialinas (só vidro) e hipocristalinas (vidro e cristais).
- Quanto a granulação - afanítica (grãos pequenos), faneríticas (grãos grosseiros).
- O poder de troca de cátions aumenta da caulinita → halloysita → illita → montmorilonita → vermiculita.
- A água não fluída associada aos argilominerais é a causa da plasticidade das argilas.
- Os minerais de densidade mais baixa são os compostos orgânicos. Os minerais com densidade maior que 2,9 são designados como minerais pesados.
- Deformação elástica: aquela que desaparece após removida a força aplicada, isto é, o corpo volta a sua forma original. Na deformação plástica prevalece a mudança permanente da forma.
- A plasticidade é uma função (1) do tipo do argilomineral (a montmorilonita tem esta propriedade), (2) dos cátions trocáveis e (3) da forma e tamanho das partículas (quanto menor é mais plástica).
- Com exceção dos cristais do sistema cúbico, os demais que transmitem a luz são birrefringentes, ou seja, um feixe de ondas de luz incidente no cristal desdobra-se em dois, sendo que um deles passa pelo cristal sem ser refratado.
- O difratograma de raios X identifica o mineral pela composição e intensidade dos picos, através do retículo cristalino. Sendo possível, às vezes, uma interpretação quantitativa.
- O oxigênio e o silício constituem quase 73% do peso da litosfera, sendo os demais o Al - 8%, Fe - 5%, entre outros.
- Silicatos: constituem 90% da crosta terrestre, sendo 39% plagioclásios; 12% de feldspatos alcalinos; 12% de quartzo; 11% de piroxênios; 5% de micas, 5% de anfibólios, dentre outros.
- Propriedades físicas e químicas dos minerais: dependem (1) da natureza dos componentes, (2) da geometria de seu empilhamento e (3) do tipo e intensidade das forças eletromagnéticas.
- A dureza, a solubilidade, a clivagem, as condutividades térmicas e elétricas estão intimamente associadas aos tipos de ligação iônica, covalente, metálica ou de Van der Waals.
- Na ligação iônica ou eletrostática, exemplo da halita, os íons estão unidos na estrutura do cristal pela atração de suas cargas. Os minerais desta natureza apresentam dureza, densidade e pontos de fusão relativamente elevados, com alta simetria do cristal e sendo maus condutores de calor e eletricidade.
- Na ligação covalente, exemplo do diamante, os elétrons são compartilhados, sendo a mais forte das ligações químicas, de insolubilidade geral, grande estabilidade, não sendo condutores, porém de alta dureza.
- Na ligação metálica, exemplo dos metais nativos, tem-se como propriedade a condução de eletricidade, a plasticidade, tenacidade e ductibilidade, com dureza e pontos de fusão e ebulição baixos.
- Na ligação de Van der Waals, exemplo do grafite, os minerais apresentam baixíssimas resistências mecânicas, sendo a ligação menos frequente nos minerais.

**Fig. 03 - Exemplo de estrutura cristalina.
Diopsídio: $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$**



**Fig. 04 - Amostra do mineral Diopsídio:
Composição Química $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$**



- Isomorfismo - Minerais com composições diferentes, mas mesma forma cristalina.
- Minerais isoestruturais - possuem estruturas análogas e composições diferentes.
- Polimorfismo - Minerais com a mesma composição química, mas arranjos internos diferentes.
- O grupo das olivinas é o mais susceptível à decomposição química porque seus átomos de silício e oxigênio formam tetraedros independentes.
- Nos minerais mais comuns na natureza, a maioria dos cátions é pequena e dos ânions é grande, logo, grande parte do cristal é ocupada por ânion.
- Os íons Al e Si são similares em tamanho e trocáveis com facilidade, tendo grande importância na classificação dos argilominerais.
- A solubilidade dos carbonatos é inversamente proporcional à temperatura e diretamente proporcional à salinidade do fluido.
- Rochas do Proterozoico apresentam normalmente o elemento enxofre precipitado na forma de pirita, enquanto naquelas do Fanerozoico como sulfatos. Enquanto o elemento carbono precipitava na forma de carbonato e carbono orgânico, respectivamente.
- As técnicas empregadas para a determinação dos minerais presentes em uma dada amostra são a difratometria de raios-X, microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura.
- Diamante: 1 quilate de diamante é igual a 0,2 gramas.
- O manto terrestre é formado por peridotitos (lherzolitos, harzburgitos e dunitos). Afloramentos destas rochas compreendem os ofiolitos, sendo estes fragmentos da crosta oceânica e manto que vieram à superfície por efeito tectônico (obducção).
- O manto litosférico é, do ponto de vista geoquímico, homogêneo. O fator responsável pela diversidade de magmas, originado a partir de fusões parciais, é a mudança de composição mineralógica influenciada pela pressão litostática associada à intensidade de fusão parcial.
- A ocorrência de diamante no kimberlito está associada à profundidade de origem.
- O aumento na velocidade das ondas sísmicas na transição entre crosta e manto é devido à maior densidade das rochas mantélicas.

- Em cordilheiras mesoceânicas, de expansão lenta, como a do oceano atlântico, as câmaras magmáticas são menores e descontínuas, resultando numa maior diversidade composicional de magmas.

- A densidade do mineral depende da massa atômica dos íons e da proximidade que eles estão na estrutura cristalina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, Pércio de Moraes. **Dicionário de mineralogia e gemologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

CAVINATO, M.L. **Rochas e minerais: guia prático**. 2ª Edição São Paulo: Nobel, 2009.

DANA, James Dwight. **Manual de mineralogia**. São Paulo: Ao Livro Técnico, 1984. 2 v.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **Rock forming minerals**. Longmans, 1962.

ERNST, Wallace Gary. **Minerais e rochas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

EVANGELISTA, H. J. **Mineralogia: conceitos básicos**. Ouro Preto MG: Ed. UFOP, 2002.

GALOPIM DE CARVALHO, A. M. **Cristalografia e mineralogia**. Univ Aberta, 1997.

KIRSCH, Helmut. **Mineralogia aplicada: para engenheiros, tecnólogos e estudantes**. São Paulo: Polígono, 1972.

KLEIN, Cornelis; HURLBURT JR., Cornelius S. **Manual of mineralogy**: (after James D.Dana). New York: 1993.

LEINZ, Viktor; CAMPOS, João Ernesto de Souza. **Guia para determinação de minerais**. 10 ed. São Paulo: Nacional, 1986.

MADUREIRA, FILHO, J. B.; ATENCIO, D.; McREATH, I. Minerais e rochas: constituintes da Terra sólida. In: TEIXEIRA, Wilson *et al.* **Decifrando a terra**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2000. Cap. 2

NEVES, Paulo César Pereira das; SCHENATO, Flávia; BACHI, Flávio Antônio. **Introdução à mineralogia prática**. 3. ed. Canoas, RS: Universidade Luterana do Brasil, 2011.

NEVES, P.C. P.; FREITAS, D. V; PEREIRA V. P. **Fundamentos de cristalografia**. Canoas: Ed. ULBRA, 2011.

PRESS, Frank *et al.* **Para entender a terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

PEDOLOGIA

- O solo é constituído por minerais e espaços vazios ocupados por água e ar. A matéria orgânica e os organismos completam este sistema.
- Os solos diferem regionalmente pelas diferenças do material de origem, condições bioclimáticas e idade (evolução do relevo). Isso acarreta variações na composição mineralógica, granulometria, profundidade, riqueza em nutrientes, capacidade de retenção de água e porosidade.
- Os principais processos de formação de solos são a calcificação, podzolização, latolização, hidromorfismo e halomorfismo. O hidromorfismo ocorre em condições de excesso de água e o halomorfismo em condições de excesso de água na presença de sais.
- Com relação às características mineralógicas, solos formados por argilas expansíveis tendem a diminuir o tamanho dos poros com redução na condutividade hidráulica, esta redução também é atribuída ao bloqueio dos poros mais finos por partículas de argila que se dispersam à medida que se expandem.
- Solos de textura mais arenosa apresentam baixo teor de matéria orgânica.
- As cores gleisadas ou acinzentadas são dadas pela ausência de ferro oxidado, podendo ou não ter ferro reduzido. Quando há a remoção completa do Fe^{+2} por lixiviação, o solo fica com coloração branca (acinzentada, quando úmido).
- As perdas por erosão são, em geral, muito mais pronunciadas do que aquelas por lixiviação, principalmente no que se refere ao fósforo, daí os solos acidificados serem os mais sujeitos a tais perdas.
- As perdas por lixiviação são mais importantes nos solos planos e muito permeáveis, nos latossolos e nas areias quartzosas, p.ex.
- Com o intemperismo avançado em que se encontra a grande maioria dos solos brasileiros, nem sempre é possível identificar a rocha de origem.

Fig. 01 - Perfil de um solo com distintos horizontes desenvolvidos em meia encosta.

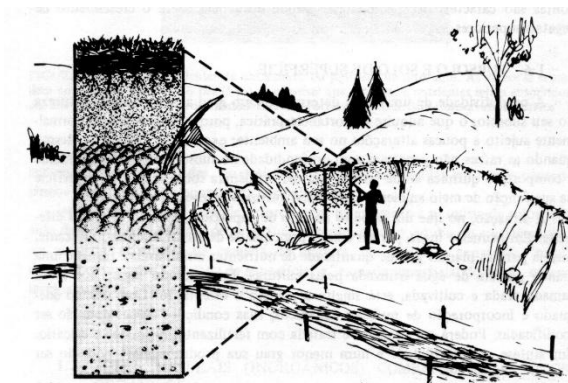


Fig. 02 - Fatores essenciais para a formação de um solo.



- Os latossolos formam os grandes chapadões e apresentam problemas de fertilidade. Existem latossolos eutróficos onde a tendência cronológica (solos mais velhos) é compensada por um clima mais seco ou rocha muito rica em nutrientes.

- Os latossolos vermelho-amarelos ocorrem nas chapadas do planalto central, nordeste, áreas do domínio amazônico e no domínio do mar de morros em MG, tendo boa resistência à erosão, mesmo quando o relevo é acidentado.
- Os solos com B textural apresentam uma grande diferença no teor de argila entre os horizontes A (mais arenosos) e B (mais argilosos).
- Os cambissolos apresentam características morfológicas e mesmo químicas similares aos latossolos, porém apresentam altos teores de silte em relação à argila e/ou maior proporção de minerais primários facilmente intemperizáveis.
- Os regossolos também apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis, possuindo, assim, reserva de nutrientes.
- As plantas diferem entre si quanto à extração de nutrientes. As gramíneas, por exemplo, têm maior poder de extração de potássio do que as leguminosas.
- O fato de o solo formar a interface entre a litosfera e a atmosfera faz com que apresente alta anisotropia vertical em relação à temperatura e teor de água.
- Nos solos tropicais, a cor tende a ser dominada por tonalidades vermelhas e amarelas com cores bem vivas nos solos de boa drenagem. Os solos hidromórficos tendem a ser acinzentados. Os maiores teores de matéria orgânica próximos à superfície imprimem a coloração escura.
- Os compostos orgânicos atuam sobre os minerais da rocha, rompendo a rede cristalina e liberando os nutrientes para o ciclo geobioquímico.
- O Fe pode se apresentar em forma reduzida, oxidada, hidratada e oxidada desidratada. O Fe^{++} é cinzento e o Fe^{+++} é amarelo e/ou vermelho. O FeOOH é denominado goethita e o Fe_2O_3 é denominado hematita.
- No latossolo, a taxa de infiltração de água é maior no horizonte B do que no horizonte A.
- Mesmo que o solo seja intensamente vermelho, a relação goethita/hematita é maior nos horizontes superficiais pela presença da matéria orgânica.
- Em solos formados sob condições de excesso de água, ou seja, falta de oxigênio, há muita perda de Fe no sistema. O Fe^3 é reduzido a Fe^2 , sendo este último mais solúvel e com maior facilidade de remoção.
- O fator tempo, por exemplo, está muito relacionado com a evolução do relevo. As grandes chapadas - altas e de pedoforma suave - possuem os solos mais velhos. Os solos mais jovens se situam nas partes mais rejuvenescidas da paisagem.

Fig. 03 - Ilustração de perfis de solos em diferentes ambientes da paisagem.

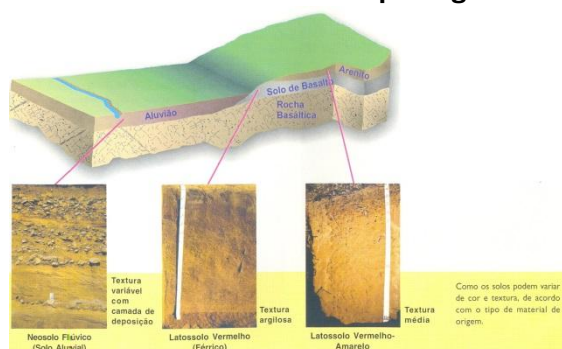


Fig. 04 - Horizontes característicos de diferentes solos.



- Se as condições bioclimáticas são pouco ativas, como no nordeste semiárido, por exemplo, os solos são mais jovens, havendo muitos afloramentos de rochas mesmo numa pedoforma suave.

- Os latossolos têm pedoforma convexo-convexas como uma laranja cortada ao meio.

- O processo de erosão tende a destruir as formas convexo-convexas por meio, por exemplo, do processo de ravinamento. Os solos mais novos tendem a apresentar maior incidência de ravinas.

- Quando o material de origem já foi muito intemperizado, ocorrem solos velhos, mesmo num relevo acidentado e de pedoforma bastante ravinada.

- O basalto pode originar um solo muito pobre em Ca no planalto central, enquanto no sertão do Seridó (RN) o granito muito mais pobre em Ca pode originar um solo bastante rico neste elemento.

- Dependendo do cimento, os arenitos podem dar origem a solos muito ricos. O arenito Bauru, com cimento calcário, é um dos melhores solos da região.

- Quando em topografia acidentada, os latossolos estão em elevações com superfícies suaves, enquanto os solos com B textural estão em elevação com superfícies rupturadas, apresentando geralmente ravinamento acentuado.

- A goethita, responsável pela cor amarela nos solos, é formada em condições que favorecem o regime orgânico em pedoclimas mais úmidos. Um solo amarelo não tem hematita. Um solo vermelho pode ter muita goethita.

- A capacidade de troca das argilas 2:1 é originada principalmente pelo desbalanceamento causado pelas substituições isomórficas, por exemplo, de Mg e Al.

- A solubilidade da sílica é maior com o incremento da alcalinidade.

- Abaixo do nível de drenagem de uma região, as águas não se encontram em movimento, este nível é o limite inferior do intemperismo químico. Abaixo do nível de drenagem, não há decomposição das rochas.

- A dissolução dos calcários seria muito pequena se a água fosse pura. Mas, como há sempre gás carbônico em solução, a dissolução destas rochas é intensa.

- A atividade biológica dos organismos do solo gera o aumento de acidez da água do solo.

- Em regiões tropicais, solos intemperizados podem apresentar mais de 70% do volume total do solo ocupado por poros.

- Grande parte dos solos argilosos e escuros presentes em áreas litorâneas submetidos à oscilação dos níveis das águas, em função do movimento das marés, são classificados como gleissolos.

- Diversos são os parâmetros utilizados para classificar solos e determinar seu potencial de produção, degradação e erosão. Entre eles, a textura é o fator que menos sofre alteração em solos degradados e erodidos, sendo determinante ao conhecimento do potencial de produção agrícola, florestal e pastoril de um solo.

- Os neossolos litólicos são a classe de solo que apresenta maior correlação direta entre o tipo de cobertura e seu substrato.

- $1,55 \text{ g/cm}^3$ é a densidade para solos com baixa presença de matéria orgânica, enquanto $1,25 \text{ g/cm}^3$ é a densidade para solos com alto teor de matéria orgânica, sendo os solos com pH alcalino mais erodíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS (BRASIL). **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI-CNPS, 1995.
- COSTA, Joaquim V. Botelho da. **Caracterização e constituição do solo**. 7. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.
- CURI, Nilton. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 1993
- LE MOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Raphael David dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1996
- LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos solos**. S Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- OLIVEIRA, Joao Bertoldo de.; CAMARGO, Marcelo Nunes.; JACOMINE, Paulo Klinger T. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para reconhecimento**. -. 2. ed. - Jaboticabal: FUNEP, 1992.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.
- RESENDE, Mauro *et al.* **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, MG: NEPUT, 1995.
- SANTOS, Raphael David dos *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.
- SERVICO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVACAO DE SOLOS (BRASIL). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997.
- SISTEMA brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Jan RJ: Embrapa Solos, 2006.
- SOUZA, CELSO GUTEMBERG; IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Dept. de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1995. 104p. (Manuais técnicos em geociências; n.4)
- TOME JUNIOR, Juarez Barbosa. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997.
- VIEIRA, Lucio Salgado. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo, SP: Agronômica Ceres, 1988.

ROCHAS METAMÓRFICAS

- A textura da rocha metamórfica é determinada pelo tamanho, forma e arranjo de seus cristais. Em geral, o tamanho do grão mineral aumenta com o aumento do grau metamórfico, sendo altamente anisotrópicas.
- Tipos de metamorfismo: (i) fundo oceânico, (ii) orogênico, (iii) soterramento, (iv) contato ou termal, (v) dinâmico ou cataclástico e de (vi) impacto, podendo ocorrer sobreposição de eventos.
- Fatores inerentes ao metamorfismo: temperatura, pressão de carga ou litostática, pressão dirigida e dos fluidos, composição da rocha e da fase fluida.
- A velocidade de transformação metamórfica depende da textura e cristalinidade da rocha, do gradiente de alteração das condições do meio e do tempo geológico de persistência.
- Uma rocha de textura fina é mais susceptível a transformações metamórficas do que uma de mesma composição química mais grosseira (a primeira apresenta uma maior superfície entre cristais).
- O aparecimento da biotita metamórfica, indica a passagem da zona da clorita (menor grau) para a da biotita (maior grau que a anterior).
- Mineralogia do metamorfismo progressivo em rochas aluminosas e metapelíticas: clorita-biotita-granada-estaurolita-cianita-silimanita. No entanto, os minerais sucedidos podem aparecer em comum aos sucessores.
- Fácies metamórficas: associação de minerais no espaço e no tempo.
- Alto gradiente geotérmico: andalusita e cordierita. Alta pressão em relação à temperatura: glaucofano e jadeíta.

Fig. 01 - Desenvolvimento de lineações de estiramento (textura) em rochas metamórficas (milonito).

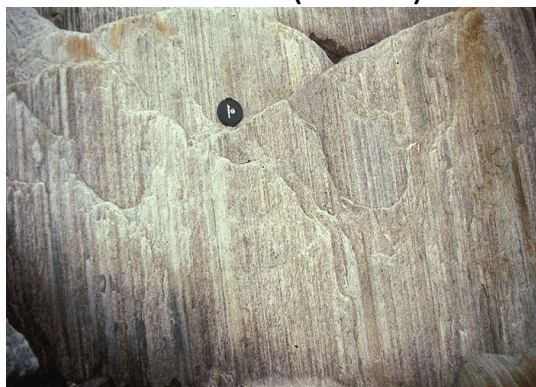
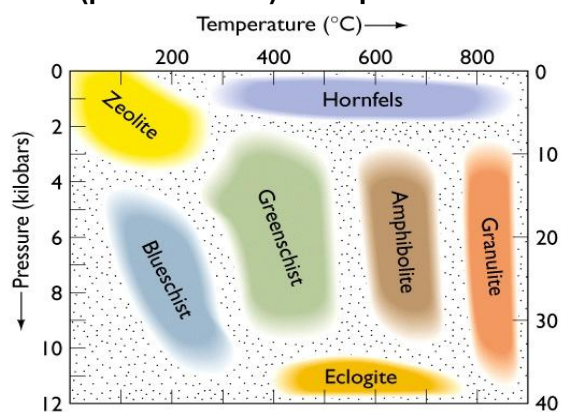


Fig. 02 - Gradientes de metamorfismo influenciados pelos fatores de pressão (profundidade) e temperatura.



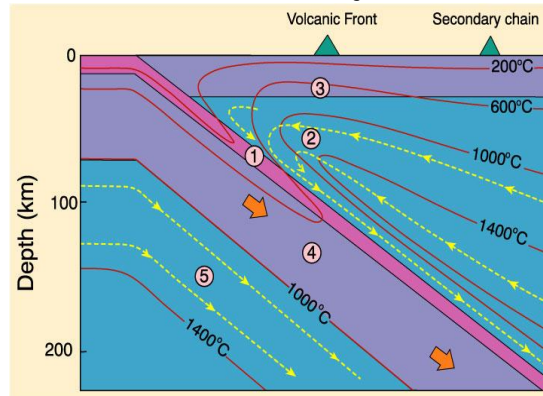
- Rochas metamórficas semelhantes podem ser formadas a partir de protólitos completamente distintos.
- A pressão aumenta com a profundidade em taxas semelhantes. No entanto, a temperatura aumenta com taxas diferentes em regiões diferentes.
- Anfibolito: Derivado de rochas básicas ou de calcários impuros. Grau metamórfico médio a alto. Apresentam os minerais hornblenda e plagioclásio.
- Eclogito - rocha básica. Baixa a alta T. Pressões maiores que 10 Kbar (> 30 km.), com piroxênio sódico (onfacita) e granada (piropo).

- O filito diferencia-se da ardósia pela ocorrência da xistosidade.
- Xisto Azul: Derivado de rochas máficas com anfibólio sódico (glaucofano), lawsonita, epidoto e clorita.
- Nomenclatura das rochas metamórficas - minerais mais próximos ao nome de rochas são os que ocorrem de forma mais abundante.
- No metamorfismo, a rocha anidra é mais quebradiça.
- Blastomilonito - rocha polimetamórfica. Milonito recristalizado. Seja por metamorfismo de contato ou metamorfismo regional.
- Os prefixos proto e ultra, no metamorfismo, representam percentagens menores (10-50%) e maiores (>90%) de matriz de rocha, respectivamente.
- Minerais comuns no metamorfismo meteorítico: coesita, stishovita, mullita e vidro.
- Sequência de metamorfismo nas rochas pelíticas: ardósia, filito, xisto, gnaiss, migmatito ou granulito ácido.
- Granulito - condições anidras ($P_{carga} \gg P_{H_2O}$). Termos composicionalmente relacionados: granulito ácido, granulito diorítico, granulito ultramáfico. Outros ainda são o leptinito, charnockito e enderbitito.
- Ao ter certeza que a rocha foi submetida ao metamorfismo, se usa o prefixo meta, como metabasalto, metagranito, etc.
- Textura - definida pelo tamanho, forma, disposição, contatos e arranjo ou organização de seus componentes minerais. Geralmente avaliada pela microscopia.
- Estrutura: Organização de propriedades texturais e composicionais. Geralmente avaliada pela macroscopia.
- Estrutura penetrativa, pervasiva ou não discreta: ocorrem em todas as partes da rocha. Exemplo da xistosidade e clivagem ardosiânica.
- Estruturas não penetrativas, não pervasivas ou discretas: parte da rocha não apresenta a estrutura. Exemplo da clivagem de crenulação.
- Clivagem de Crenulação: superfícies bastante variadas morfologicamente, que aparecem sempre cortando e transpondo uma clivagem anterior que está dobrada em microescala.
- No metamorfismo, a foliação tende a ser paralela ao plano axial (contém os eixos b e c) de média e de mínima deformação do elipsoide de deformação.
- Rochas granoblásticas podem se apresentar sem orientação preferencial macroscópica, porém microscopicamente orientadas pelos eixos cristalográficos dos minerais.
- Xistosidade: Normalmente associada a minerais filitosos ou prismáticos, enquanto a foliação se relaciona a minerais equidimensionais.
- Clivagem de crenulação: normalmente ocorre em rochas incompetentes ou de pouca plasticidade.
- Três parâmetros são fundamentais no metamorfismo: pressão, temperatura e fluidos metamórficos.
- As transformações metamórficas ocorrem em estado sólido, sem o desenvolvimento de um fundido.
- fácies zeólita e pumpeleíta: metamorfismo de soterramento. Baixa pressão e temperatura. As estruturas sedimentares permanecem preservadas.

Fig. 03 - Rocha metamórfica (gnaisse) demonstrando dobramentos desenvolvidos sob pressão litostática.



Fig. 04 - Zoneamento de temperatura em relação à profundidade em uma zona de subducção.



- Fácies xisto verde: Se associam ardósias, filitos e xistos pelíticos. Baixa a moderada pressão e temperatura.
- Fácies granulito: Ocorrem em porções profundas da crosta continental. Podem ter alta ou baixa temperatura. Rochas da zona de baixa temperatura podem conter biotita e hornblenda, incluindo xistos e gnaisses, enquanto altas temperaturas se associam ao hiperstênio (mineralogia anidra).
- Cinco classes dividem as rochas metamórficas: (1) derivadas de sedimentos pelíticos. (2) derivadas de rochas quartzo-feldspáticas. (3) derivadas de sedimentos calcários. (4) derivadas de rochas ígneas máficas e (5) de rochas magnesianas.
- Milonito: Rocha de grão-fino a vitrificada. Extremamente cominuída.
- Cataclasito: Cominuição de seus minerais por ação rúptil.
- Metamorfismo hidrotermal: envolve mudança química (metassomatismo). É frequentemente associado à atividade ígnea. Gradientes de temperatura são necessários para acionar a convecção de fluidos (tipo mineralização Cu-pórfiro).
- O aparecimento de um mineral particular no metamorfismo está relacionado: (1) as condições físicas sob as quais as rochas foram formadas; (2) a razão de nucleação e a reação envolvida na formação do mineral e (3) a composição da rocha.
- Rochas de metamorfismo de contato são caracteristicamente maciças devido à falta de deformação.
- Os minerais acessórios mais usuais em rochas de metamorfismo de contato são a magnetita, ilmenita, pirita, titanita, zircão, apatita e turmalina.
- Fácies eclogito - extremamente raro. Presença de granada e onfacita. Formadas a alta pressão e baixa a alta temperatura.
- No metamorfismo de grau elevado, se formam migmatitos com alta pressão de água e granulitos com baixa pressão de água.
- Grau de metamorfismo incipiente formam minerais índices como laumontita, prenhita, pumpeleíta, lawsonita e ilita, de fácies metamórfica xisto verde.
- Grau metamórfico médio formam minerais índices como cordierita, estauroлита, silimanita, cianita e granada de fácies metamórfica anfibolítico.

- Metamorfismo regional é aquele que ocorre em ambiente de choque de placas continentais, caracterizado por condições de média pressão e temperaturas médias a altas.

- Transformações metamórficas modificam a composição mineralógica e textura, porém a composição química permanece a mesma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARKER, A. J. **Introduction to metamorphic textures and microstructures**. London : Blackie & Son, 1990.

BEST, Myron G. **Igneous and metamorphic petrology**. New york: W. H. Freeman, 1982.

HYNDMAN, D. **Igneous and metamorphic petrology**. New York: Graw-Hill, 1972.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. *Geologia geral*. São Paulo: Nacional, 1989.

MASON, R. **Petrology of the metamorphic rocks**. London: George Allen & Unwin, 1978.

MIYASHIRO, Akiho. **Metamorphism and metamorphic belts**. New york: J Wiley, 1973.

MOORBATH, S. Origin of granulites. **Nature**, v. 312, n. 290, 1984. Disponível em: <https://go.nature.com/2JYRHUv>. Acesso em 5 jun. 2019.

PHILPOTTS, Anthony Robert. **Principles of igneous and metamorphic petrology**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1990.

SPRY, A. **Metamorphic textures**. Oxford: Pergamon Press, 1976.

TEIXEIRA, Wilson *et al.* **Decifrando a terra**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2000.

TURNER, Francis J. **Metamorphic petrology: mineralogical, field, and tectonic aspects**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1981. xv, 524 p. (McGraw-Hill international series in the earth and planetary sciences)

VERNON, R. H. **Metamorphic processes**. London: George Allen & Unwin, 1976.

WINKLER, J. F. **Petrogênese das rochas metamórficas**. São Paulo: Blücher, 1977.

YARDLEY, B. W. D. **Introdução à petrologia metamórfica**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1994.

YARDLEY, B. W. D. *et al.* **Atlas of metamorphic rocks and their textures**. Englewood cliffs: Prentice-Hall, 1992.

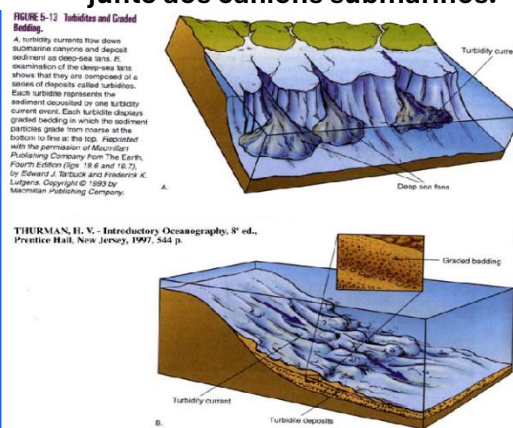
ROCHAS SEDIMENTARES

- Granulometria (mm) das rochas sedimentares segundo a escala de Wentworth: Matações 256, Cascalho Grosso 64-256, Cascalho Fino 4-64, Grânulos 2-4, Areia Grossa ¼-2, Areia Fina 1/16 – ¼, Silte 1/256 - 1-16, Argila menor que 1/256.
- As rochas sedimentares podem ser agrupadas em quatro categorias: Clásticas terrígenas (arenitos, conglomerados, brechas, etc.); Depósitos bioquímicos, biogênicos e orgânicos (calcários, dolomitos, chert, fosfatos e carvão); Precipitados químicos (formações ferríferas e evaporitos) e Vulcanoclásticas (tufo e aglomerados).
- Os ortoconglomerados são geralmente depósitos maduros, quando a matriz é fina, pelítica, denominam-se paraconglomerados.
- Arenitos: psamitos. São os sedimentos mais abundantes, entre 2 e 0,062 mm.
- Pelitos: grãos menores que 0,062, portanto incorpora os siltes (0,062mm e 0,004 mm) e as argilas que são menores que 0,004 mm.
- Calcários bioacumulados: constituem clastos de conchas, esqueletos, pelóides, oólitos e invertebrados, com matriz ou cimento calcisiltítico e/ou calcilutíticos.
- Sedimentos ferríferos, quando precipitam em meio oxidante, são hematíticos ou limoníticos. Em meio redutor, dão origem a minerais como pirita e siderita.
- Sequência deltaica prográdante completa (vertical) é granocrescente com folhelhos do pró-delta, seguidos por siltitos ou arenitos finos (frente deltaica) e no topo por arenitos médios e grosseiros com intercalações de pelitos dos baixios interdistributários.
- A forma geométrica de uma fácies sedimentar resulta da topografia pré-deposicional, da geomorfologia do ambiente deposicional e da história pós-deposicional.

Fig. 01 - Ambientes de sedimentação associados aos canais de maré.



Fig. 02 - Formação de fluxos turbidíticos junto aos cânions submarinos.



- Depocentro: Espessura máxima situada num determinado ponto da bacia sedimentar.
- Em relação à tectônica e associação litológica, observam-se quatro tipologias: (1) subsidência rápida e deposição rápida, (2) subsidência rápida e deposição lenta, (3) subsidência lenta e deposição rápida (em condições típicas de regiões

deltaicas e litorâneas), (4) subsidência lenta com deposição lenta (em condições típicas de plataforma estável).

- A forma tectônica das bacias se relaciona: (1) a composição da crosta subjacente a bacia (continental ou oceânica); (2) ao tipo de movimento da placa (divergente ou convergente); (3) a posição da bacia em relação às placas (intraplaca ou marginal) e (4) a presença ou ausência de estruturas tectônicas (basculamento, afundamento, falhas normais, transcorrentes ou de cavalgamentos).

- Sistemas deposicionais continentais (leques aluviais, fluvial, lacustre, eólico e glacial). Transicionais (deltaico, paludal, planície costeira, barreiras e planícies de maré). A vazão de um rio depende tanto da área cortada pelo canal como da velocidade do fluxo.

- As principais fácies presentes no sistema meandrante são: barras em pontal ou meandro, diques naturais, depósitos de rompimento de diques, depósitos de planície de inundação e depósitos de preenchimento de canais abandonados.

- Os sedimentos presentes em taludes correspondem a vasas (60%), areias (25%), rochas e seixos (10%) e conchas (5%).

- As estruturas sedimentares são desenvolvidas por processos físicos e/ou químicos, antes, durante ou depois da deposição.

- Parâmetros físicos do ambiente de sedimentação - velocidade, direção, variação do vento, da onda, água corrente, clima (temperatura, pluviosidade, umidade). Parâmetros químicos: composição da água nos ambientes subaquáticos, geoquímica das rochas, parâmetros Eh e pH.

- Fácies Sedimentares abrangem cinco parâmetros de abordagem: geometria, litologia, paleontologia, estruturas sedimentares e paleocorrentes.

- Característica do ambiente desértico - Depósitos de areia e arenitos. Estratificação cruzada. Fortes ângulos de mergulho (30° a 34°). Apresentam localmente camadas horizontais.

- Os rios são o principal agente de transporte de sedimentos formados pelo intemperismo de áreas continentais.

- Três estágios da evolução de um sistema fluvial: (1) Juventude - predominância de erosão. Montanhas. (2) Maturidade - amplas planícies de inundação e depósitos de acreção lateral. (3) Senilidade - em planícies costeiras onde são formadas redes de distributários.

- Os talvegues (linhas de maior profundidade do canal) determinam os locais de maior velocidade de fluxo.

- Lagunas são corpos de água rasa e salobra ou salgada separadas do mar aberto por bancos arenosos, ou ilhas barreiras, mantendo comunicação por meio de barras que têm influência direta das marés. São normalmente rasas e extensas.

- Depósitos de lagos químicos - formados em lagos efêmeros, existentes em regiões de playas desérticas. Podem formar depósitos de precipitados químicos (evaporitos) que constituem reservas salinas economicamente exploráveis.

- Depósitos de Planícies de Inundação - ocorrem em regiões planas que margeiam os canais fluviais, funcionam como bacias de decantação de materiais em suspensão. Constituem os sedimentos mais finos entre os aluviais, sendo a estratificação plano-paralela a mais comum.

- Arenitos ortoquartzíticos: mais de 95% de quartzo. Produto final de evolução sedimentar, alto grau de arredondamento e excelente seleção. Sugere-se origem multicíclica para estes arenitos, pela ausência de argilas e minerais instáveis.

Fig. 03 - Processos de transporte de sedimentos em ambiente fluvial (rolamento, saltação e suspensão).

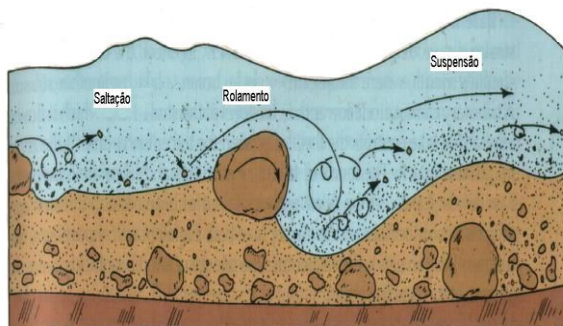


Fig. 04 - Dunas eólicas desenvolvidas em deserto da Namíbia.



- Arenitos arcoseanos - Produto de fontes situadas em regiões topograficamente altas. É difícil distinguir os arcósios resultantes de fatores climáticos daqueles oriundos de alto gradiente.

- Os canais de maré têm velocidade de até 150 cm/s e apresentam estratificação cruzada padrão espinha de peixe, sendo, portanto, bipolares. Nas planícies de maré, a geometria é alongada e os corpos dispostos paralelos à linha de costa, interrompidos, localmente, por canais de marés e estuários.

- Arenitos: A mineralogia é herança da área fonte, logo, seu estudo é útil na reconstrução da proveniência, tectônica, clima, efeitos de transporte, rumo e distância de transporte e condições físico-químicas do ambiente deposicional durante a diagênese.

- O arredondamento dos seixos se processa mais rapidamente que os grãos de areia.

- Rochas Lutáceas: 50 a 80% das seções estratigráficas são compostas de folhelhos. A classificação (descrição e interpretação) destas rochas é dificultada devido ao tamanho pequeno das partículas (silte e argila).

- A calcita compreende mais da metade dos carbonatos em volume. Ocorre normalmente como cimento de arenitos e oólitos, pellets fecais ou como vasa microcristalina.

- Em profundidades superiores a 4.000 metros, a dissolução do calcário é superior à taxa de acumulação. Em profundidades superiores a 6.000 metros as vasas carbonáticas são ausentes.

- O zircão, comum em sedimentos pesados, é utilizado na datação radiométrica de forma mais útil do que como indicador de área fonte.

- Os estudos de procedência da área fonte de sedimentos pelíticos são efetuados por meio de difratometria de raios-X, sendo o nível de contribuição de rochas máficas e félsicas estabelecido pelas razões Th/Sc e Zr/Cr. Outros estudos se referem à razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ que fornece informações sobre fontes vulcânicas e cratônicas.

- Arenitos eólicos têm alta maturidade textural, em virtude de serem bem selecionados, bem arredondados e sem matriz argilosa.
- Os sedimentos rítmicos são característicos de lagos periglaciais, ambientes lacustres, planícies de inundação e intermarés.
- Arenitos e grauvas são rochas arenosas diferenciadas em função da quantidade de matriz fina presente entre os grãos do arcabouço.
- No estágio inicial de soterramento, a porosidade é governada pela compactação mecânica, já nos estágios avançados passa a prevalecer a compactação química, cimentação e dissolução.
- Dentre os arenitos, aqueles de natureza quartzosa são os menos afetados quanto à porosidade quando do soterramento, seguindo os feldspáticos e, por último, os líticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, A E; MACKENZIE, W. S.; GUILFORD, C; **Atlas of sedimentary rocks under the microscope**. Harlow: Longmans, 1984.
- BOGGS, Sam. **Petrology of sedimentary rocks**. New York: Macmillan Publishers, 1992.
- MIALL, A. D. **Principles of sedimentary basin analysis**. Berlin: Springer-Verlag, 1990.
- NICHOLS, G. **Sedimentology and stratigraphy**. London: John Wiley & Sons, 2009.
- NICHOLS, G.; WILLIAMS, E.; PAOLA, C. Sedimentary processes environments and basins. **Special Publication**, n. 38, 2007.
- PETTIJONH, F. J.; POTTER, P. E.; SIEVER, R. **Sand and sandstone**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1987.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a terra**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- READING, H. G. **Sedimentary environments : processes, facies and stratigraphy**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 1996.
- REINECK, H. E. & SINGH, I. B. **Depositional Sedimentary Environments**. New York: Heidelberg, 1986.
- REMUS, M. V. D. *et al.* Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicadas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 2 (suplemento), p. 166-185, 2008. Disponível em: <http://bit.ly/2ZbSgy6>. Acesso em: 5 jun. 2019.
- STOW, D.A.V. **Sedimentary rocks in the field: a color guide**. 4th ed. Burlington: Academic Press, 2011.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: E. Blücher, 2003.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

TEIXEIRA, Wilson *et al.* **Decifrando a terra**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2003.

TUCKER, Maurice E. **Sedimentary rocks in the field**. 3. ed. West Sussex: Wiley, 2008. 234 p. (The geological field guide series).

TECTÔNICA DE PLACAS

- Litosfera/Astenosfera - Diferenciam-se pelo aspecto físico: viscosidade do manto.
- Crosta - Manto - Descontinuidade de Mohorovic - Diferencia-se pelo *front* de serpentinização das rochas.
- O fator que vai influenciar no mergulho da placa é a velocidade de mergulho e a densidade da placa subductante. Placas oceânicas jovens são menos densas, o que fará com que o mergulho seja de menor ângulo.
- Índia: único local no planeta com xistos azuis de idade 1,8 Ba.
- Proterozoico Inferior – Éon caracterizado por intrusões básico-ultrabásicas acamadadas, enxames de diques básicos e bacias e cinturões - BIFs, aulacógenos, evaporitos e tilitos.
- Proterozoico Médio: Éon de poucos eventos significativos, muito comum no Brasil, China e Rússia, e de idades menos interessantes do ponto de vista econômico.
- Proterozoico Superior: Éon de cinturões espalhados no mundo, enxames de diques, plataformas carbonáticas. Existem quatro glaciações reconhecidas neste intervalo: Glaciação Congo Inferior na África (950-850 Ma); Glaciação Sturtiana na Austrália-Brasil (820-770 Ma); Glaciação Varongiana no norte da Europa (700-630 Ma) e Glaciação Siniana na China (600-550 Ma).
- O tempo de vida de um ambiente tectônico é relativamente curto em relação ao tempo geológico.
- Cadeia dos Apalaches: Formada no Paleozoico Médio.

Fig. 01 - Limites convergentes e divergentes das placas tectônicas.

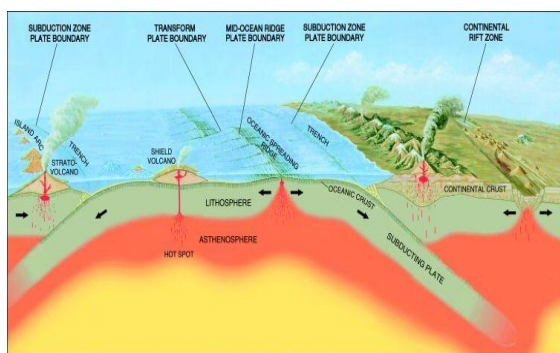
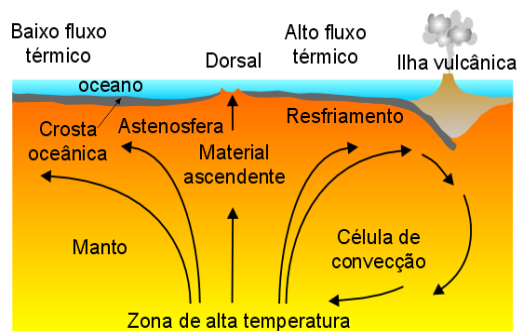


Fig. 2 - Correntes de convecção de origem mantélica dando origem ao movimento das placas tectônicas.



- A passagem da crosta superior para inferior é dada pela descontinuidade de Conrad: fácies anfibolítica à fácies granulítica.
- Litosfera: Até aproximadamente 100 quilômetros da superfície. A litosfera incorpora parte do manto superior.
- Margem passiva: Passagem da crosta continental para a crosta oceânica. Quase total ausência de magmatismo. O interior da placa é sismicamente inativa. O surgimento ocorre a partir de zonas de rifteamento.

- Diferentes ambientes da crosta oceânica - bacias oceânicas, dorsais oceânicas, fossas oceânicas, margens continentais, arcos de ilhas, bacias marginais, ilhas vulcânicas e mares interiores.
- Sequências Ofiolíticas: *pillow lavas*, enxames de diques, gabros e piroxenitos.
- Dorsais oceânicas - terremotos de foco raso.
- A relação Fe/Mg é maior nos toleítos continentais do que nos oceânicos.
- Origem crustal para determinados tipos de rocha (*trend* calco-alcálico).
- Região da Tailândia-Malásia: A zona de subducção é continuação da sutura do Himalaia. Neste local, os corpos graníticos são gerados na zona de sutura, sendo tardios e originados por fusão parcial (peraluminosos).
- Rochas ultramáficas apresentam mais de 90% de minerais máficos.
- Rochas ultrabásicas não contêm voláteis - exceção ao CO₂.
- Crosta é a porção do globo situada acima da descontinuidade de Mohorovicic, com ondas P de velocidade 8.0 km/s nesta transição. A média da crosta continental é de 6.4 km/s.
- O fluxo de calor nos continentes varia com (i) a idade e intensidade do último evento magmático, (ii) com a maior presença do U, Th e K radiogênicos, (iii) consoante o nível de erosão e (iv) da quantidade de calor fluindo do manto superior.
- Faixas orogênicas Meso/Cenozoicas se caracterizam por grandes anomalias Bouguer negativas, podendo refletir crosta mais espessa e/ou manto superior mais quente de baixa densidade.
- O espessamento crustal abaixo das cadeias de montanhas jovens se forma (i) pelo encurtamento crustal resultante da colisão continente-continente ou (ii) pela adição de material andesítico-basáltico à crosta.
- Os rifts, quando continentais, ocorrem em regiões alvo de amplo arqueamento, sendo afetados por vulcanismo básico e/ou toleítico e/ou alcalino. Sendo, ainda, quando bimodal, formado pela erupção penecontemporânea de magma basáltico e félsico. Este arqueamento é a resposta isostática à formação de uma região abaixo com rochas de densidade baixa.
- Admite-se que o metamorfismo na crosta inferior ocorra em condições secas, não havendo água suficiente para formar anfibólio em quantidade.
- Margens continentais são de dois tipos: (1) ativas: tipo pacífico ou convergente e (2) passivas: tipo atlântico ou divergente, que são sismicamente inativas e de natureza subsidente durante sua evolução. Define-se o início do estágio de margem continental passiva pela erupção de lava basáltica toleítica (nova crosta oceânica).
- O processo principal no desenvolvimento das margens continentais tipo atlântico é a acumulação de espessas sucessões sedimentares oriundas da subsidência pós-rifteamento.
- Critérios para marcar a transição crosta continental - crosta oceânica: (1) limite das anomalias magnéticas lineares dos oceanos. (2) métodos sísmicos de reflexão, em zonas de cobertura sedimentar delgada: topografia do embasamento nos oceanos é mais acidentada.
- O fluxo térmico em áreas cratônicas é maior em domínios Paleozoicos (jovens) do que naqueles arqueanos.

- O estudo da composição e estrutura da crosta oceânica baseia-se em sísmica de refração/reflexão, da amostragem das rochas do fundo oceânico (dragagem e sondagem) e do estudo de ofiolitos e sua comparação com as camadas sísmicas dos oceanos.

Fig. 3 - Atividades vulcânicas devido ao espalhamento das placas tectônicas.

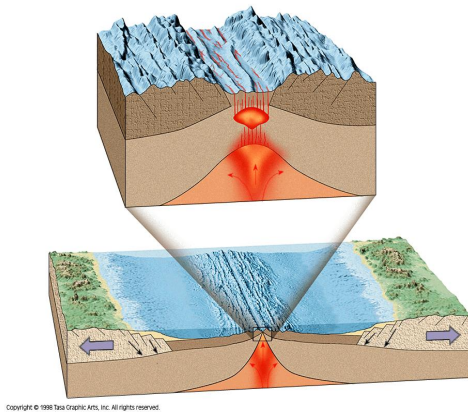
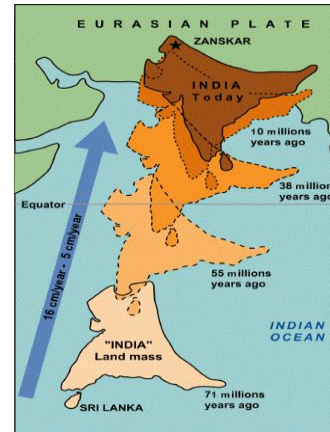


Fig. 4 - Movimento da Índia em direção à placa Euroasiática nos últimos 70 Ma.



- Os ofiolitos são interpretados como de origem da crosta oceânica e manto superior.

- A subducção da litosfera oceânica debaixo da litosfera oceânica resulta na formação de arco de ilhas ou de arcos vulcânicos.

- A anomalia Bouguer negativa indica a presença de massa de material menos denso abaixo da dorsal.

- A litosfera continental, quanto mais espessa e mais fria, tende a estabilidade e impedir sua reciclagem.

- A litosfera oceânica, quanto mais espessa e mais fria, se torna mais instável e tende à subdução e reciclagem no manto.

- A litosfera tem espessuras que variam no espaço e no tempo. Ela inclui a crosta oceânica, continental e o manto litosférico.

- A base da litosfera situa-se a profundidades variáveis, mais ou menos 100-300 km nos continentes, 100 km nos oceanos e 50-60 km nas dorsais.

- Embora se supõe predominar a geração de calor no interior do manto por desintegração radioativa, há também contribuição de calor do núcleo líquido ferroso mais abaixo.

- A máxima espessura dos sedimentos conhecidos que podem ser depositados acima da crosta continental, sem abertura oceânica, é de 7-8 km.

- Em ambientes extensionais o afinamento litosférico provoca descompressão adiabática e fusão do manto. Na crosta inferior, fontes originalmente secas podem ser permeadas por fluidos mantélicos canalizados por fraturas profundas aquecidas por líquidos basálticos. Estas fontes podem produzir magmas ácidos.

- No processo de colisão continental, o vulcanismo é pouco significativo. Nesse caso, predominam os processos de deformação e de metamorfismo.

- A chave para explicar a dinâmica da terra se encontra no fundo dos oceanos.

- A abertura e o fechamento de bacias oceânicas, conhecida como ciclo de Wilson, idealiza a teoria de expansão do assoalho oceânico, iniciando-se com uma ruptura da massa continental.

- No território brasileiro, o Meso/Proterozoico é marcado pelo desenvolvimento dos rifts intracontinentais, os quais evidenciam a tafrogênese estateriana que, por sua vez, afetaram os núcleos cratônicos estabilizados.
- O adelgaçamento litosférico promove a acreção de materiais magmáticos, sendo predominantes rochas do tipo olivina toleítos, toleítos ferrosos e alcalibasaltos, provenientes do manto.
- A litosfera não participa da convecção - O calor se propaga apenas por condução.
- A resistência da litosfera tende a diminuir com o aumento do gradiente geotérmico, aumento da taxa de deformação e com maior presença de rochas ricas em quartzo, sendo assim é maior na porção oceânica do que na continental.
- Registros de modelagem gravimétricas e de subsidência tectônica na margem leste brasileira sugerem que cada bacia foi sujeita a distintos graus de estiramentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN GEOPHYSICAL UNION; BIRD, John M. **Plate tectonics**. Washington: 1980.
- CHOUKROUNE, Pierre. **Deformações e deslocamentos na crosta terrestre**. São Leopoldo: UNISINOS, 2000.
- CONDIE, Kent C. **Plate tectonics & crustal evolution**. 2nd ed. New York: Pergamon, 1982.
- COWARD M. P; RIES, Alison C. **Collision tectonics**. Oxford: 1986. 416p. (Geological Society Special Publication; v.19).
- HASUI, Yociteru; COSTA, João Batista Sena. **Zonas e cinturões de cisalhamento**. Belém: Universitária, 1990.
- KEARY, P.; KLEPEIS, K. A.; VINE, F. **Global Tectonics**. 3rd ed. London: Wiley-Blackwell, 2009.
- KELLER, Edward A; PINTER, Nicholas. **Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.
- LOCZY, Louis De. **Geologia estrutural e introdução à geotectônica**. São Paulo: E. Blücher, 1976.
- MANDL, G. **Mechanics of tectonic faulting: models and basic concepts**. Amsterdam: Elsevier, 1988.
- MITCHELL, A H G; GARSON, M S. **Mineral deposits and global tectonic settings**. London: Academic Press, 1981.

MIYASHIRO, A.; AKI, K.; SENGOR, A. M. C. **Orogeny**: John Wiley & Sons, 1982.

NEVES, Sérgio Pacheco. **Dinâmica do manto e deformação continental**: uma introdução à geotectônica. Recife, PE: Ed. Universitária da UFPE, 2008.

NEVES, Benjamin Bley de Brito. **Glossário de geotectônica**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2011.

PARK, R. G. **Geological structures and moving plates**. Glasgow: Blackie 1988.

WINDLEY, Brian F. **The evolving continents**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1984.