



Geologia para Engenharia Ambiental

Mariana Consiglio Kasemodel
mariana.kasemodel@usp.br

Forças endógenas x exógenas

Convecção do manto (controlado pelo calor interno da Terra)



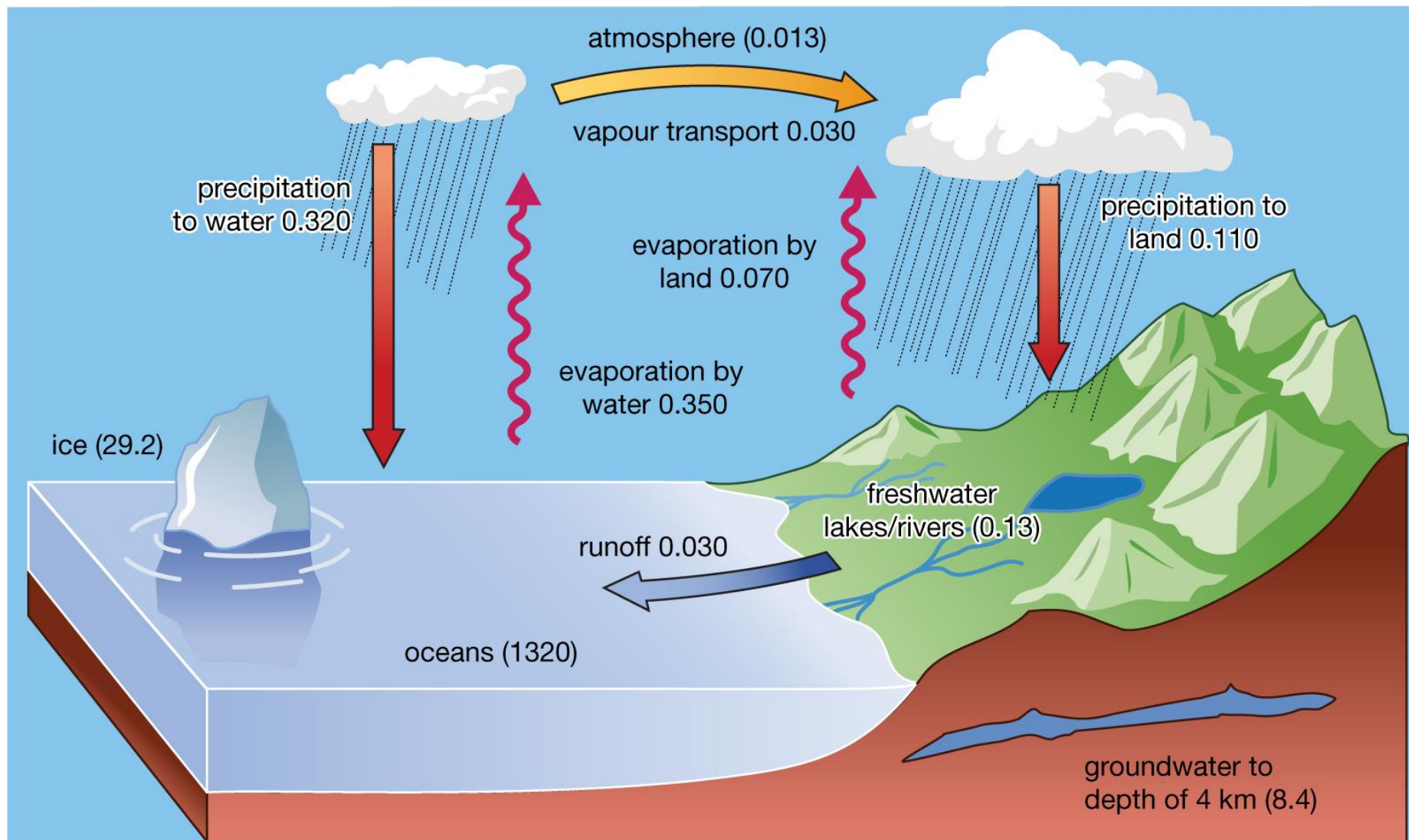
Interações entre a atmosfera, hidrosfera e a biosfera (controlada pela energia Solar)



- Modelagem da superfície continental;
- Formação de paisagens (combinação da ação de agentes externos, internos, composição e estrutura das formações geológicas locais e regionais);
- Aplainamento do relevo (ciclo erosivo);

Agentes internos:
formação de montanhas

Agentes externos:
destruição de montanhas



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

Propriedades geoquímicas da água

- **Densidade máxima da água é atingida a 4 °C:** estratificação e movimentação de corpos de água;
- **Aumento de volume ao congelar:** intemperismo físico; acúmulo de gelo na superfície de corpos d'água – cobertura térmica/redução da perda de calor;
- **Capacidade térmica da água é elevada:** absorção de grandes quantidades de calor durante os períodos de insolação – retenção de energia, regulação do clima em escala global;
- **Solvente universal:** transporte de substâncias nutritivas e residuais nos sistemas

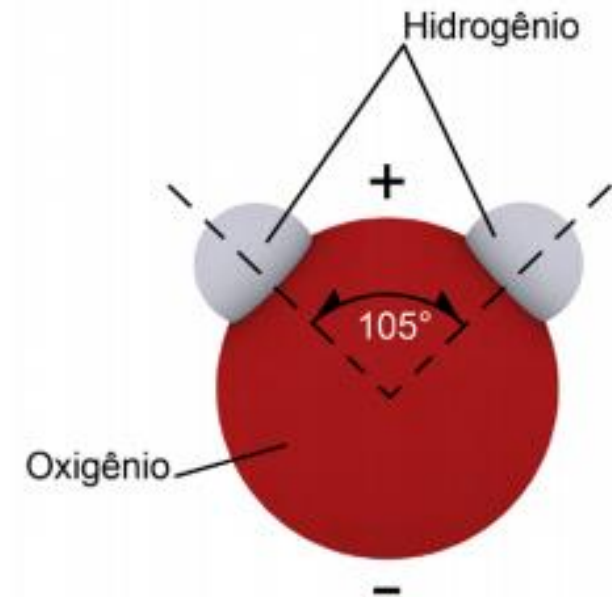


Figura 6.2: Estrutura molecular da água, que determina a distribuição de carga elétrica predominantemente positiva de um lado, e predominantemente negativa do outro, formando um dipolo elétrico.

Fonte: UNIVESP

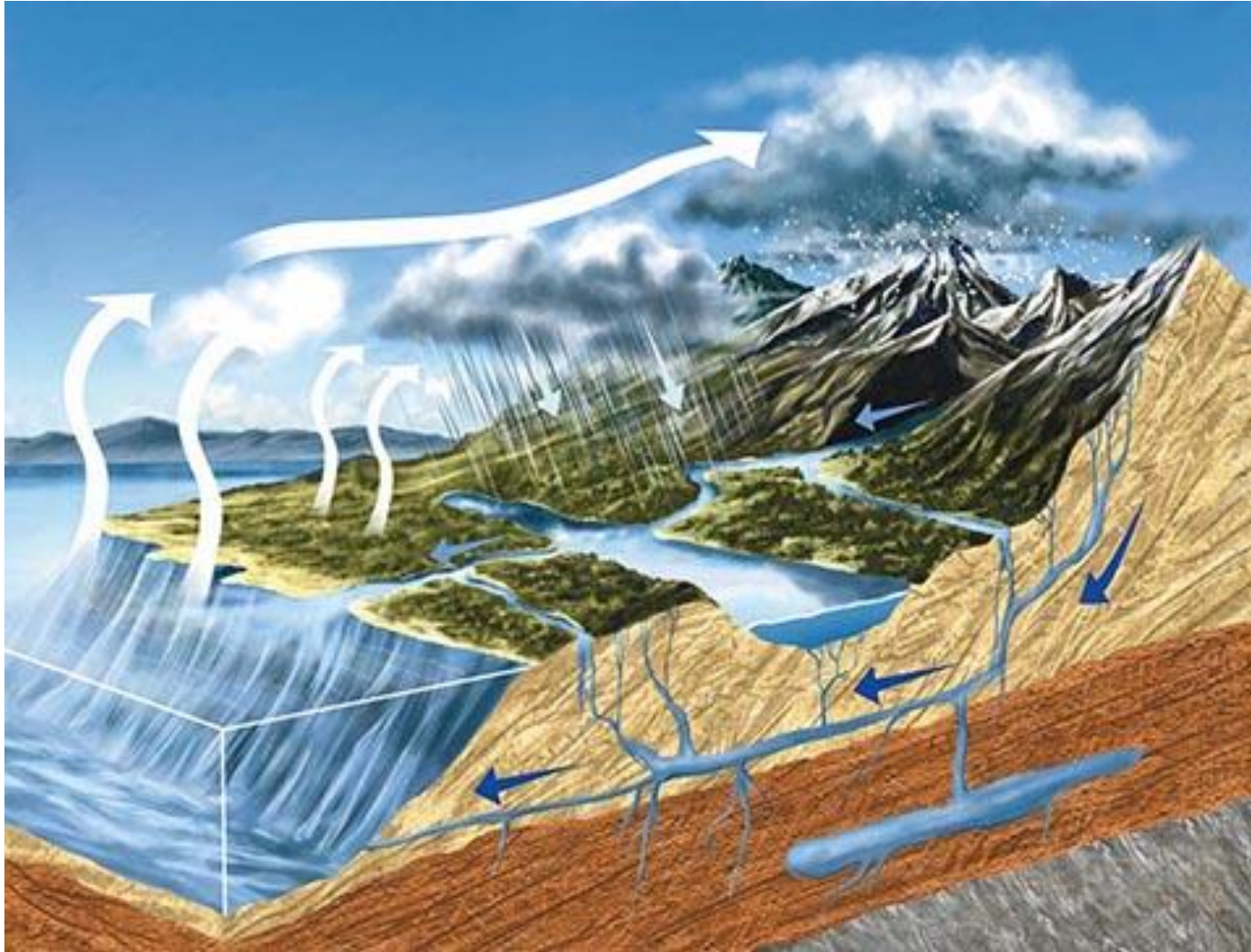
Hidrosfera

- Conjunto de toda a água presente na Terra: vários reservatórios!
 - Oceanos;
 - Águas continentais (superficiais e subterrâneas);
 - Atmosfera;
 - Água presente nos seres vivos;
 - Minerais e manto terrestre.

Reservatórios	Volume de água	
	(10 ⁶ km ³)	(%)
Oceanos	1.340	97,1
Gelo	24	1,7
Águas subterrâneas	16	1,2
Águas superficiais	0,176	0,01
Atmosfera	0,013	0,001
Seres vivos	0,00112	0,0001
TOTAL hidrosfera (*)	1.380	

(*): desconsiderada a quantidade de água presente nos diversos minerais que a contêm em sua estrutura, e que constituem as rochas, solos e sedimentos.

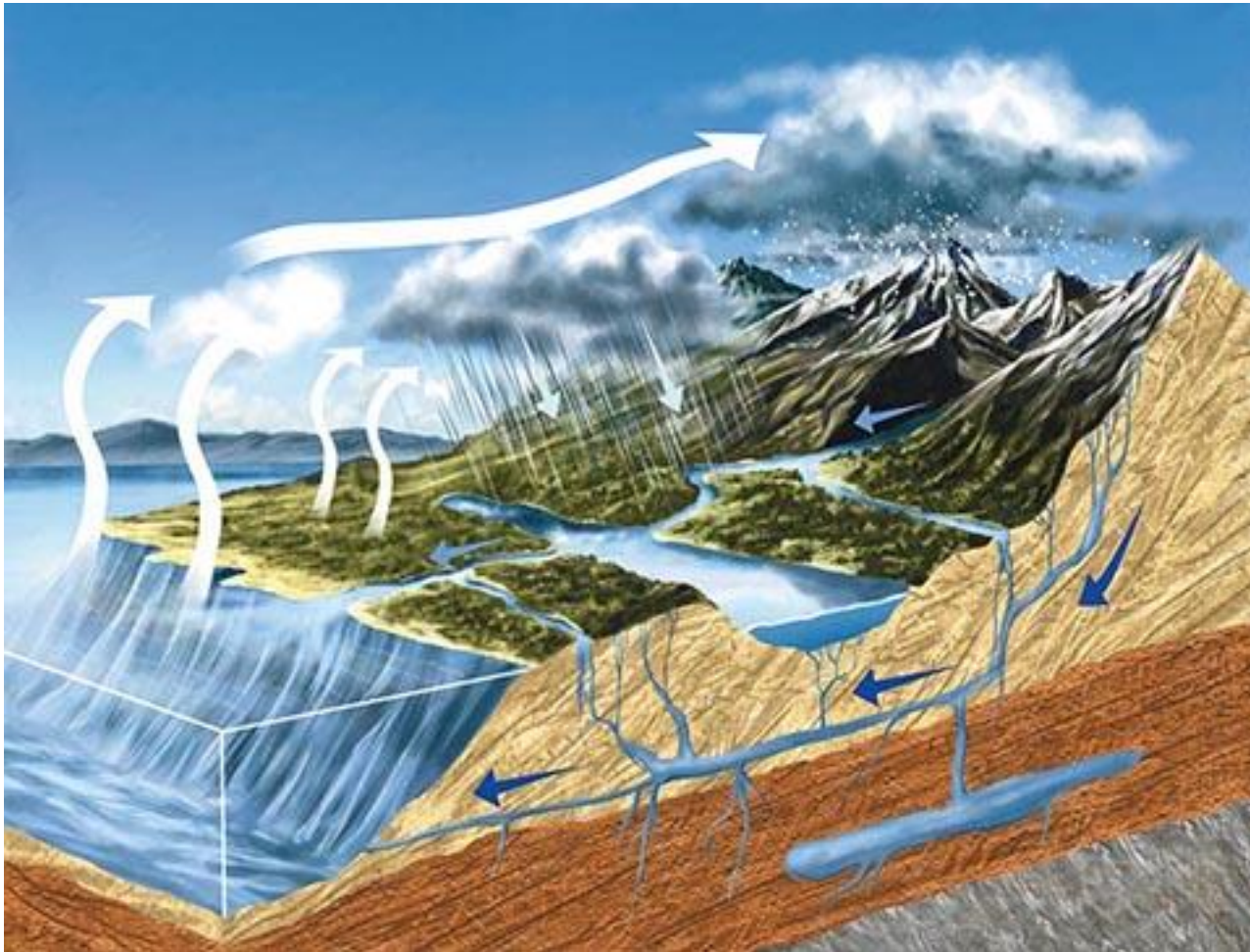
Fonte: UNIVESP



Fonte: PINETA

- Íons presentes da água do oceano (Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Cl^-) são oriundos do intemperismo das rochas continentais e atividades hidrotermais;
- Água também está presente na crosta e no manto, na estrutura de alguns minerais – 1% na crosta e 0,05% no manto - 23% da hidrosfera

Ciclo hidrológico



Fonte: PINETA

- A água contida em cada reservatório **não é estática!**
- O ciclo da água representa a circulação contínua da água através da hidrosfera, biosfera e geosfera (aproximadamente 580.000 km³!) – Imenso destilador;
- Velocidade de transferência depende dos reservatórios e transformações envolvidas!
 - Aguas subterrâneas - tempo de residência 8.250 anos;
 - Oceanos - tempo de residência 3.172 anos;
 - Rios e lagos – tempo de residência 5,6 anos;
 - Atmosfera – tempo de residência 0,3 anos.

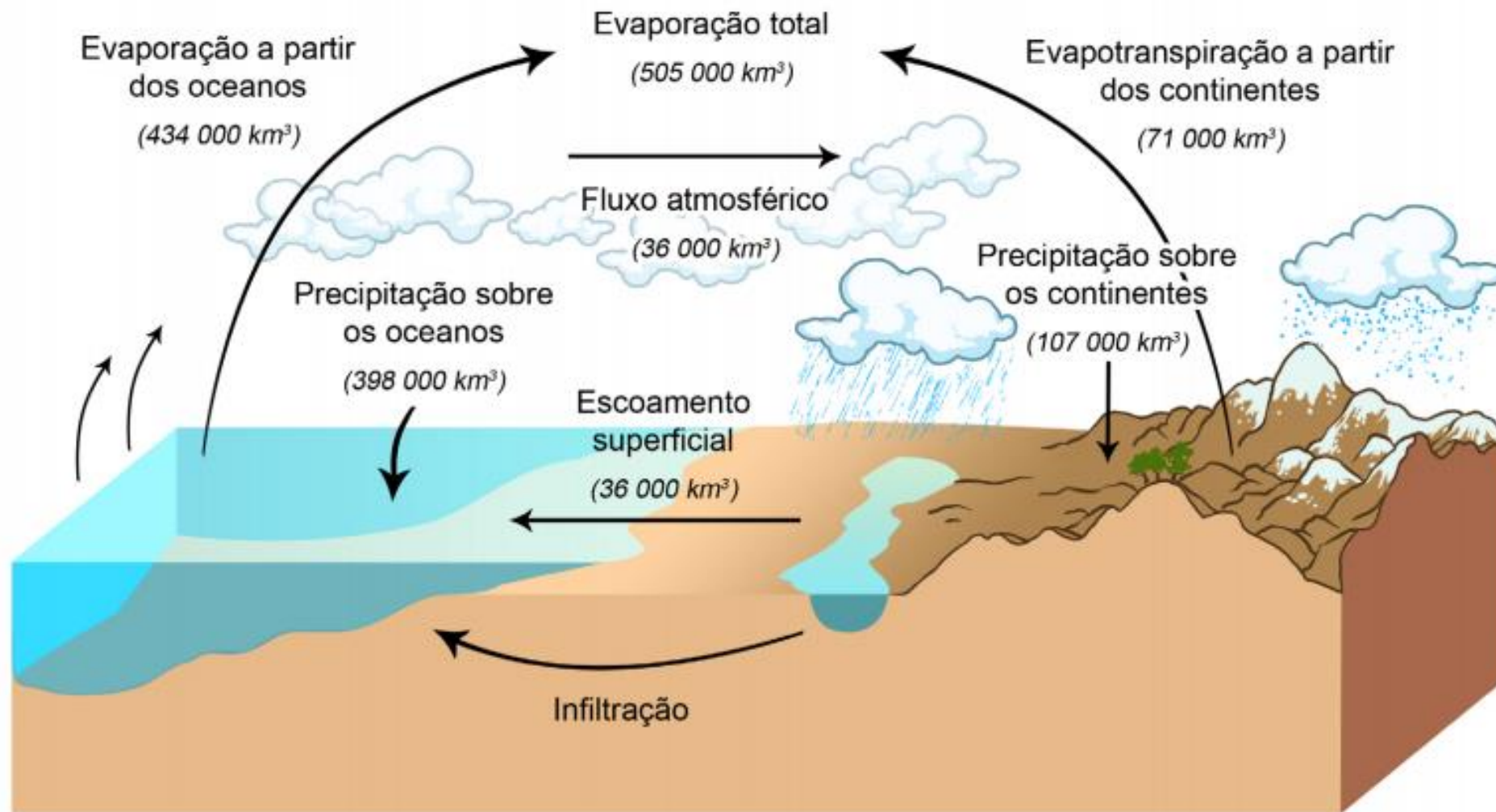


Figura 6.6: O ciclo hidrológico, com o fluxo de transferência de água, por ano, entre os reservatórios. Pela evapotranspiração, a água é transferida dos continentes e oceanos para a atmosfera, de onde retorna para a superfície pela precipitação (chuva, neve). A evaporação mais elevada a partir dos oceanos em relação à precipitação é compensada pelo escoamento superficial que corresponde ao excedente de precipitação sobre os continentes (em relação à evaporação), que retorna para os oceanos.

Fonte: UNIVESP

- **Águas continentais Superficiais**

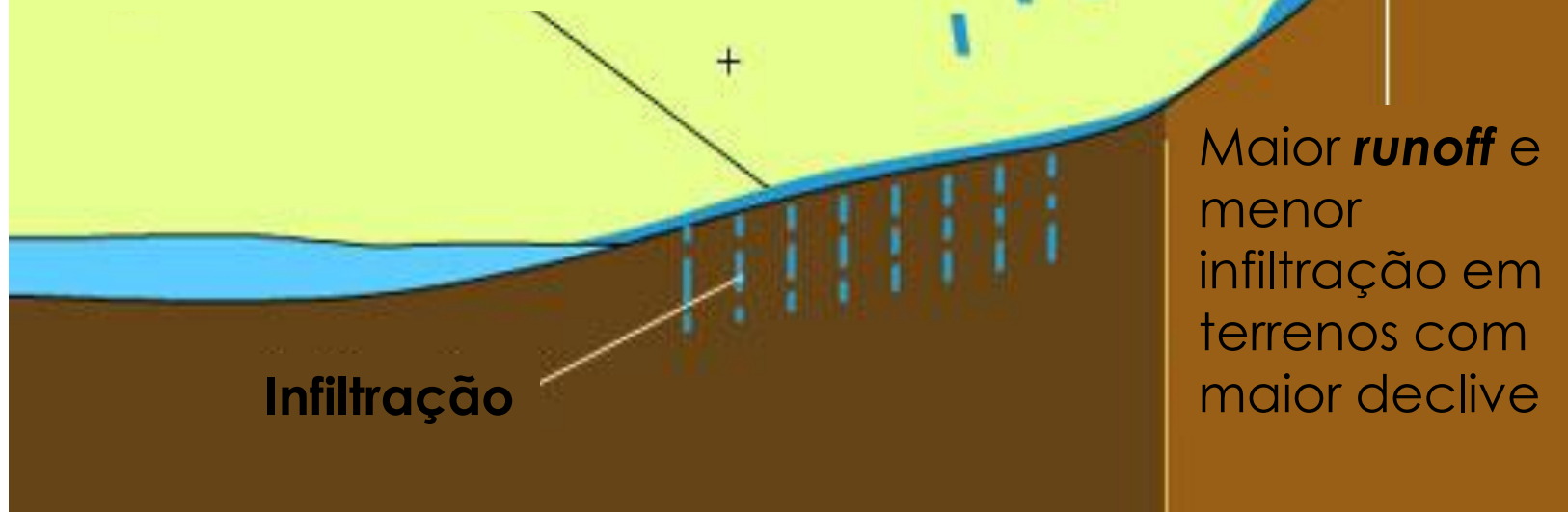
- Rios e lagos são importantes reservatórios superficiais de água doce;
- Os rios são formados pelo escoamento superficial da água nos continentes e drenam grandes áreas de captação da água da precipitação – formando bacias hidrográficas;
- Exemplo: Rio Amazonas
 - Descarrega para o oceano 3.768 km^3 de água por ano
 - Drena uma área de $7.049.980 \text{ km}^2$
 - $46,4 \text{ t/km}^3$ de íons e substâncias dissolvidas e 79 t/mk^3 de sólidos e suspensão



Fonte: WIKIPEDIA

Precipitação

Menor **runoff** e mais
infiltração em terrenos com
menor declive

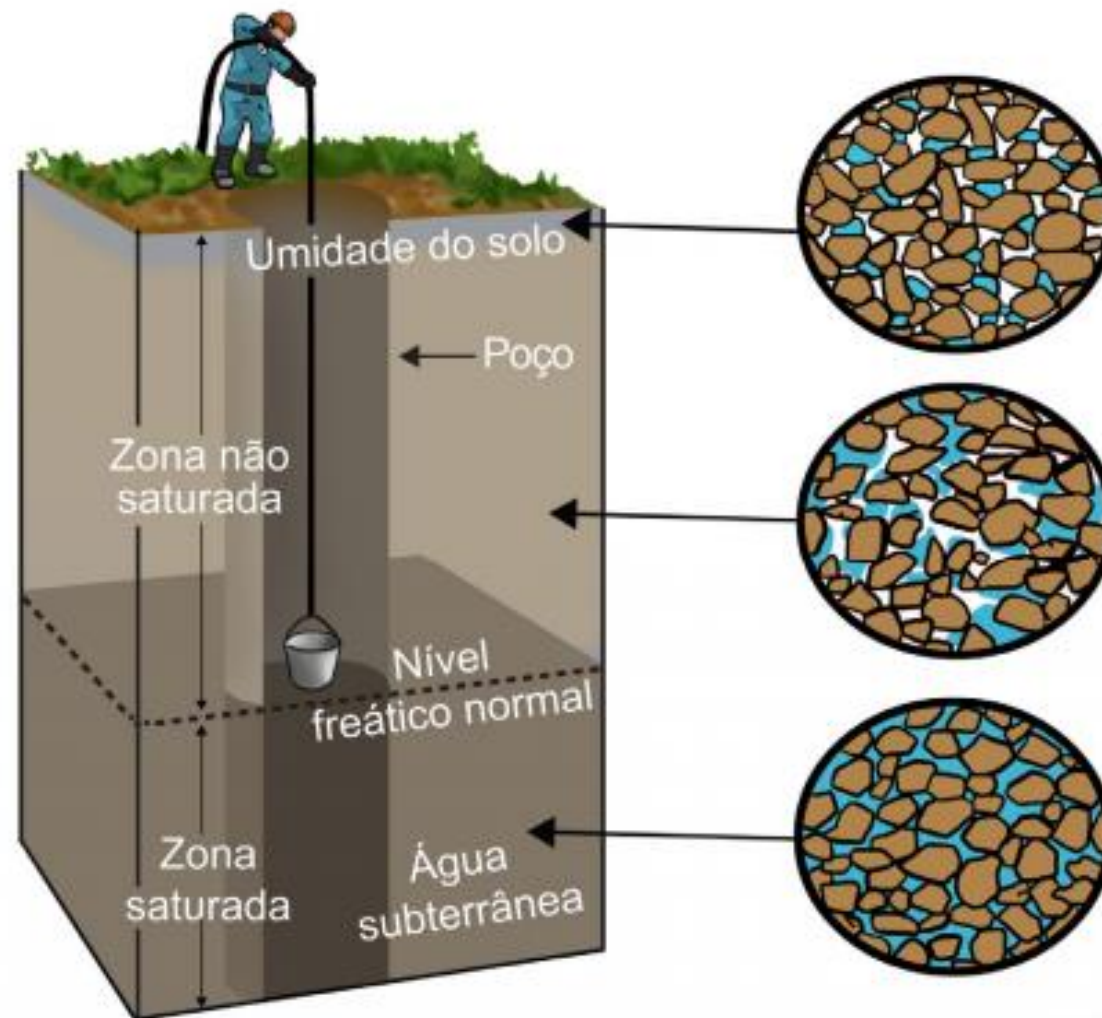


A água que escoa na superfície depende de vários fatores!

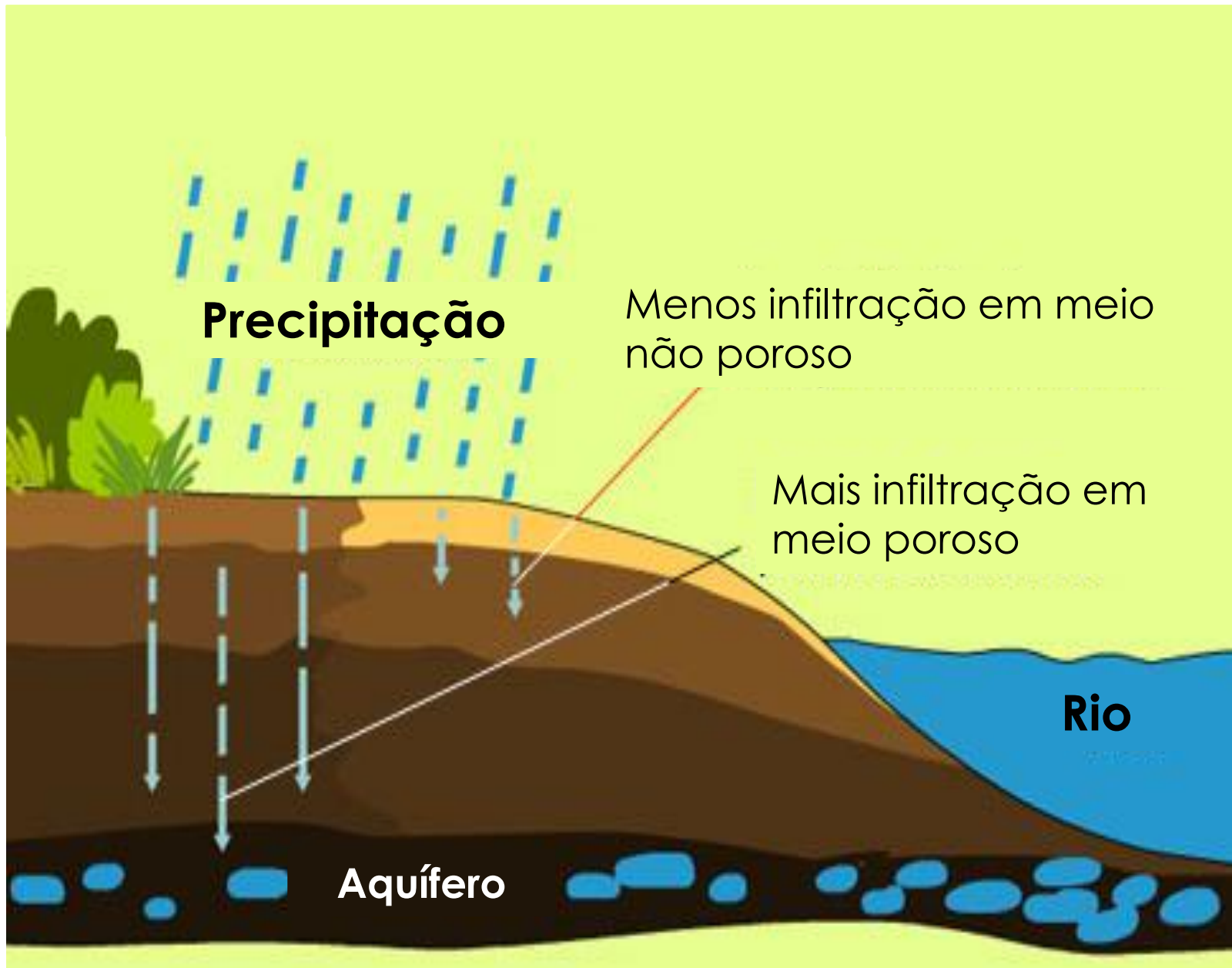
- Características do solo
- Quantidade de água presente no solo
- Topografia
- Cobertura vegetal
- Alterações antrópicas

- **Águas continentais Subterrânea**

- Embora escondida, ela existe!
- Presente em fissuras, fraturas e poros de rochas, solos e sedimentos;
- Um dos maiores recursos de água potável do mundo!



Fonte: UNIVESP

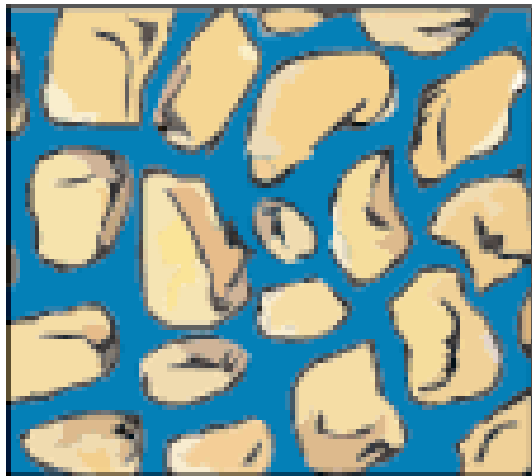


A capacidade de infiltração de determinado solo é função do tipo de solo

- Granulometria do solo
- Porosidade
- Permeabilidade

Materiais terrestres com maior porosidade (por exemplo: solos arenosos, rochas sedimentares – arenito) podem ser zonas de recarga de aquíferos

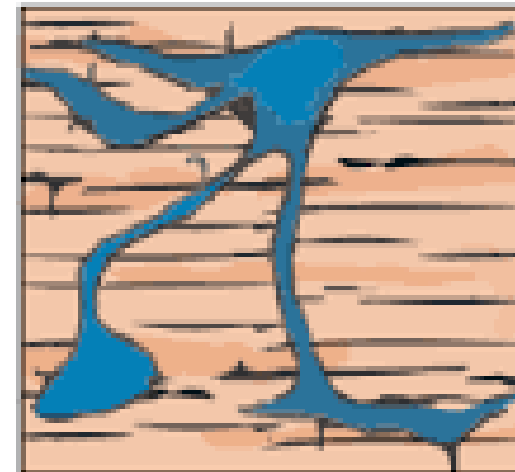
Aquífero é uma formação geológica capaz de servir de depósito e de transmissor da água armazenada. Assim, uma litologia só será aquífera se, além de ter seus poros saturados (cheios) de água, permitir a fácil transmissão da água armazenada.



Poroso

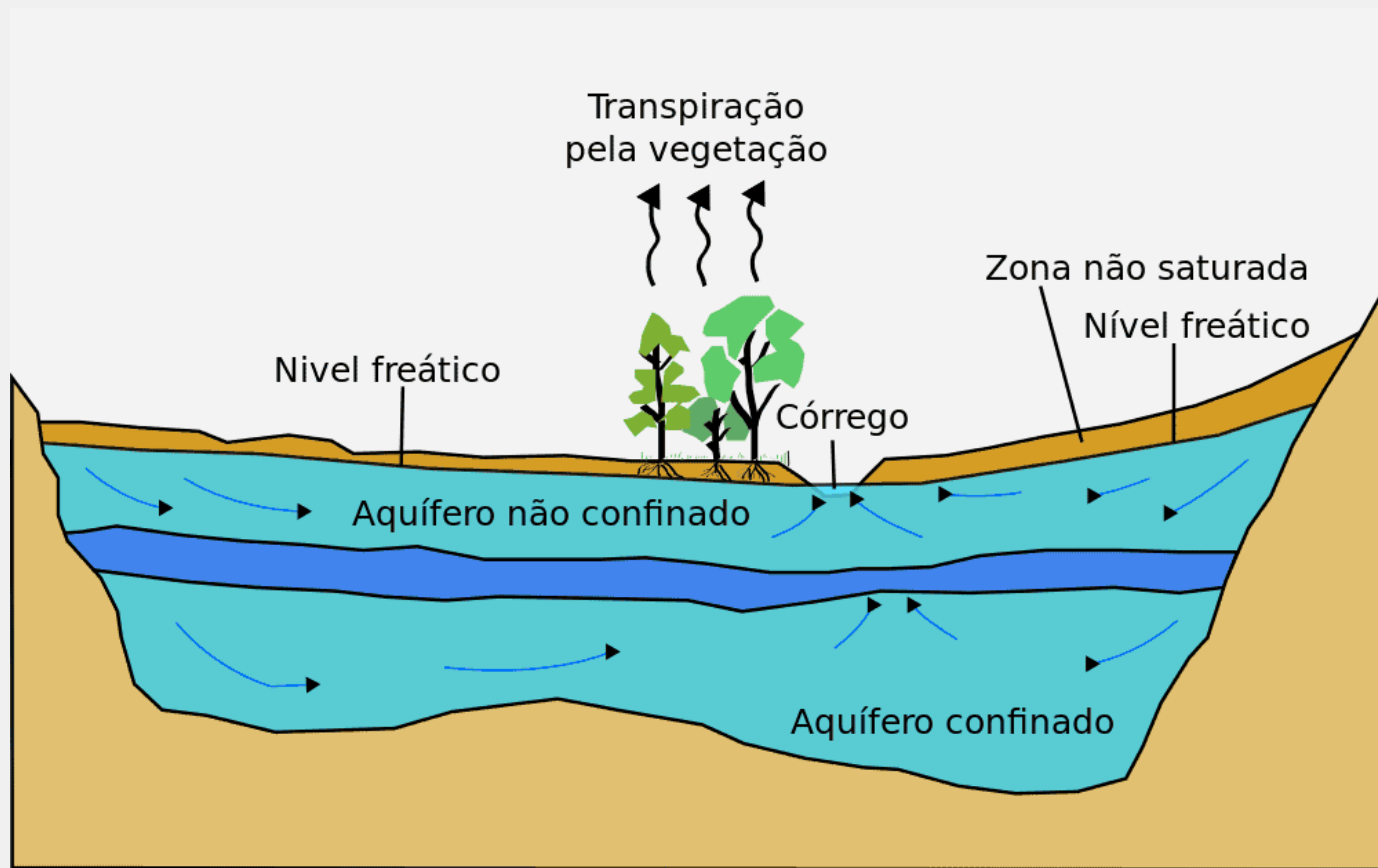


Fissural

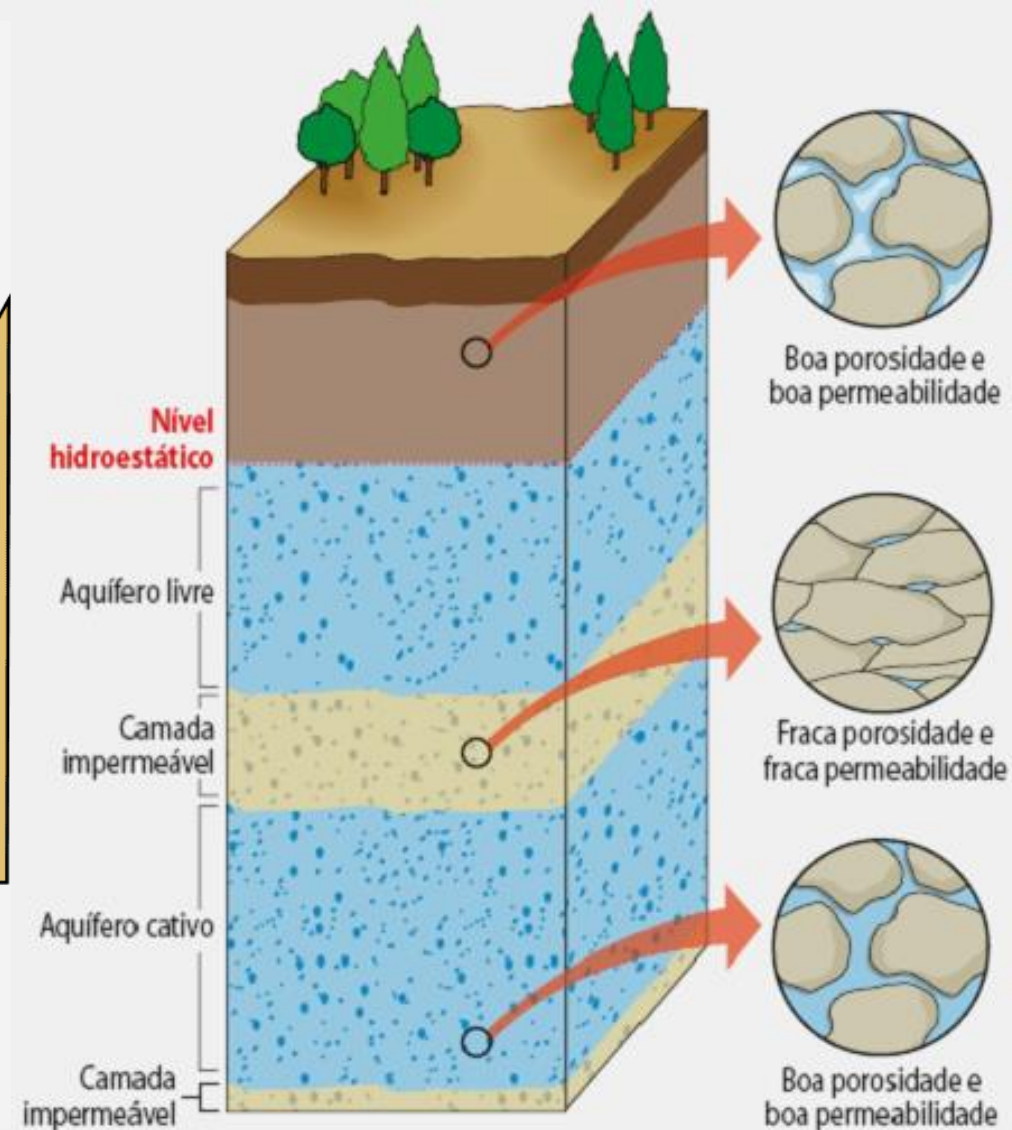


Cárstico

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2007)



- Aquífero de alta condutividade hidráulica
- Unidade confinadora de baixa condutividade hidráulica
- Rocha-mãe de baixíssima condutividade hidráulica
- Direção do fluxo da água subterrânea



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2007)

O ciclo das rochas e o ciclo da água

A água é o principal **agente de intemperismo** das rochas da crosta terrestre e de erosão dos produtos de intemperismo – contribui para a reciclagem de numerosas substâncias químicas

A água escoando
carregando
sedimentos e íons



Formação de
depósitos de
sedimentos

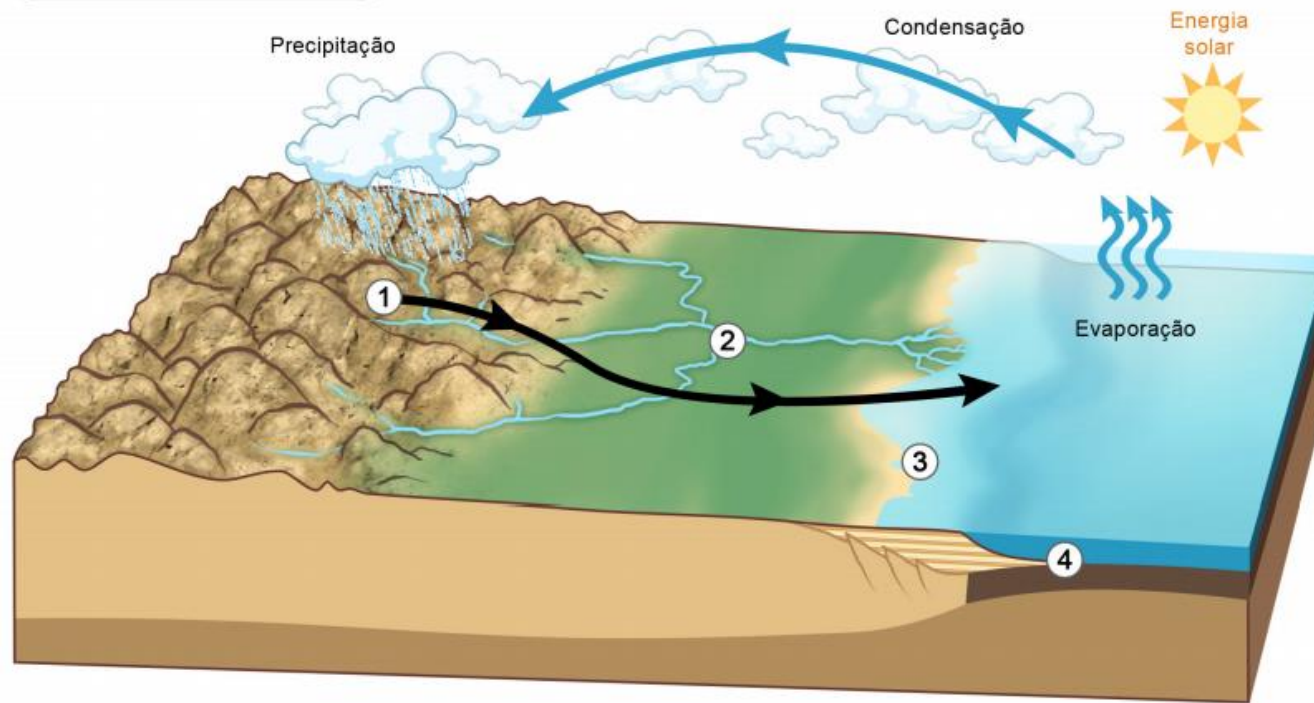


Rochas sedimentares



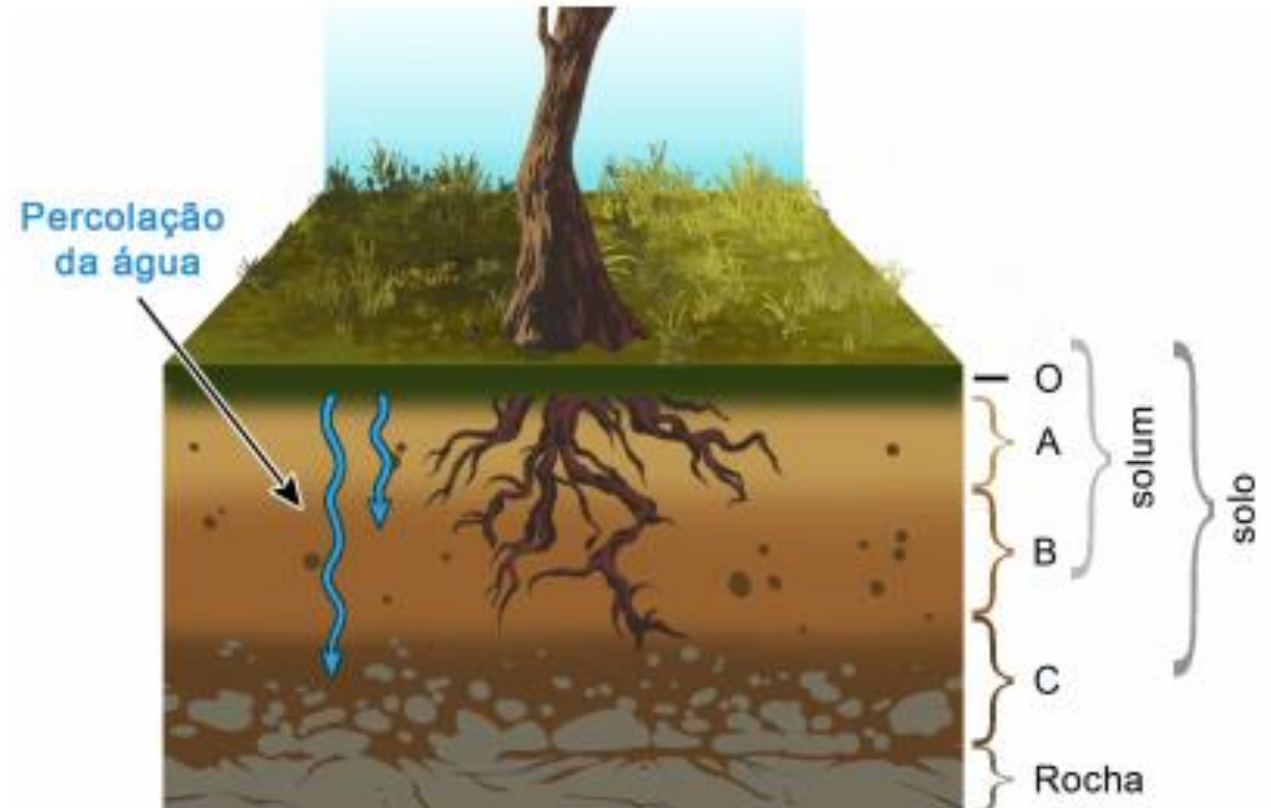


→ Ciclo hidrológico
 → Interface entre o ciclo hidrológico e o ciclo das rochas



Intemperismo e pedogênese

- **Intemperismo:** processo de desagregação e decomposição das rochas;
- **Pedogênese:** materiais intemperizados passam por processos de reorganização, em profunda interação com a biosfera, formando solos (solum)
 - Minerais da rocha
 - Minerais secundários







Agentes da dinâmica externa

INTEMPERISMO
→ físico
→ químico

**EROSÃO+
TRANSPORTE**

SEDIMENTO



Os solos são formados pela desintegração e decomposição das rochas devido ao intemperismo – ciclo das rochas

Intemperismo físico ou mecânico

Desintegra a rocha formando sedimentos sem alterar a composição mineralógica



Intemperismo químico

Reações químicas entre os minerais e soluções presentes em seu meio. Rochas fragmentadas são mais vulneráveis a este tipo de intemperismo



Intemperismo biológico

Transformação das rochas a partir da ação de seres vivos



Os fragmentos, então, podem ser transportados por agentes da natureza e serem depositados em locais distantes. As alterações devidas ao tempo geram solos distintos

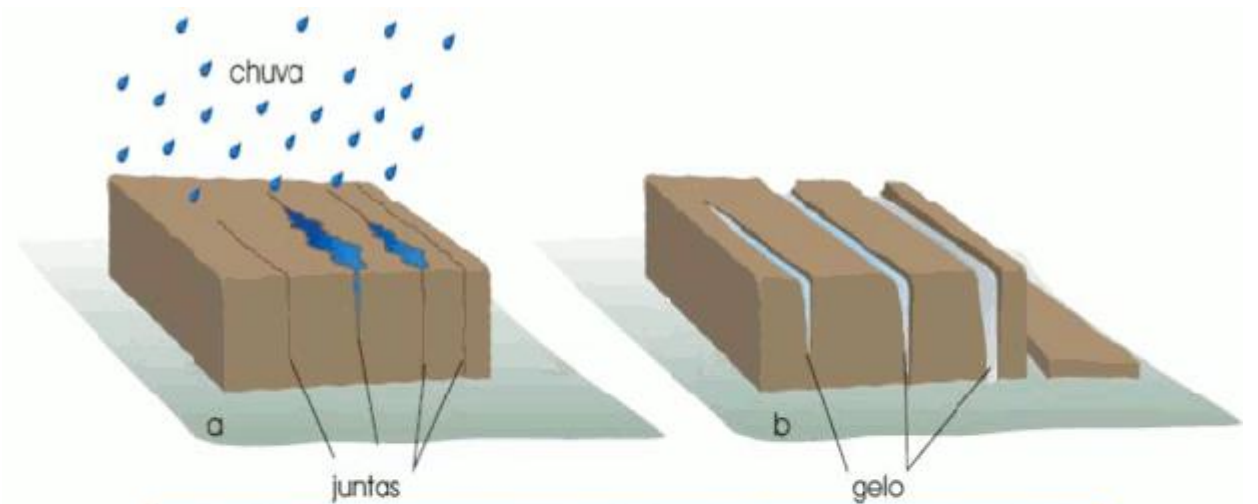
• Intemperismo físico ou mecânico

Transformações simplesmente mecânicas: fragmentação das rochas e dos grãos minerais;

Ocorrem basicamente por adaptações a variações de temperatura e pressão;

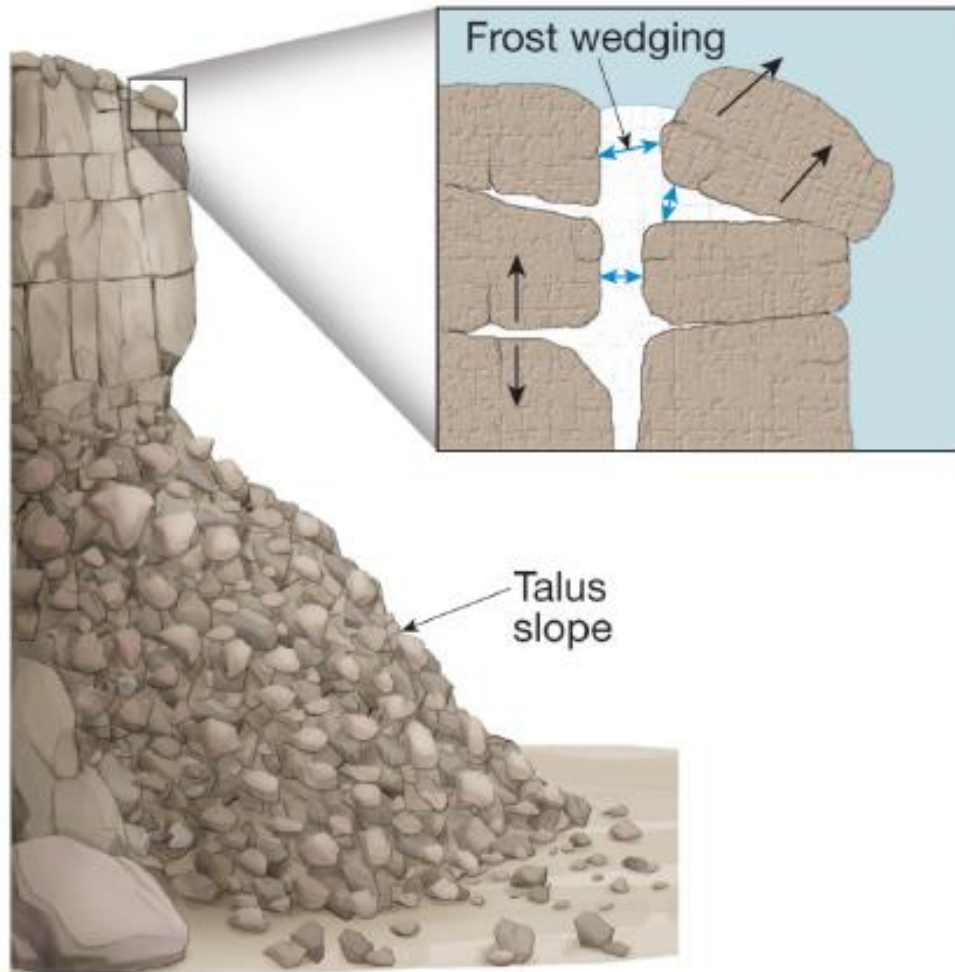
- Variação diuturna e sazonal da temperatura: contração e expansão diferencial dos grãos;
- Cristalização do gelo e sais em fissuras;
- Presença de raízes
- Fraturas de alívio (perdem camada intemperizada)

Aumento da área específica; aumento da ação da água



Fonte: Google Imagens

- **Crioclastia**



Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

Beacon Valley (Antártica)



Fonte: Columbia

Isfjord, Svalbard (Noruega)



Fonte: Mark A. Wilson (Department of Geology, The College of Wooster)

- **Atividade de organismos**



Figure 5.1.6 Conifers growing on granitic rocks at The Lions, near Vancouver, B.C.

Wyoming (EUA)



Fonte: Universities Space Research Association



Fonte: American Geoscience Institute

Floresta do Palatinado (Alemanha)

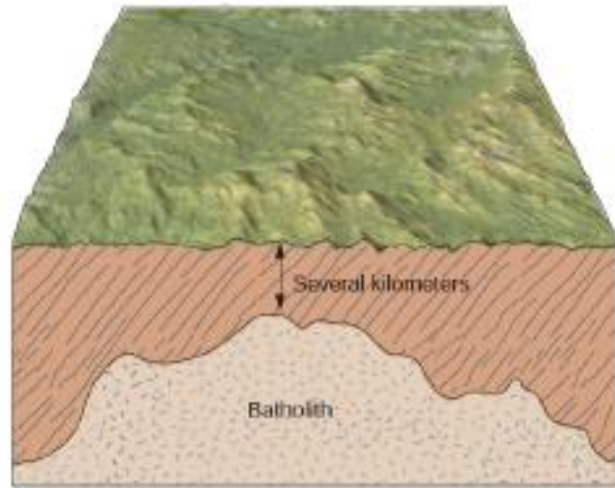
- **Haloclastia**

Fragmentação de rochas e minerais pela força de expansão de cristais salinos devido a crescimento cristalino, a reações de hidratação ou a expansão térmica em fraturas e fissuras (SIGEP)

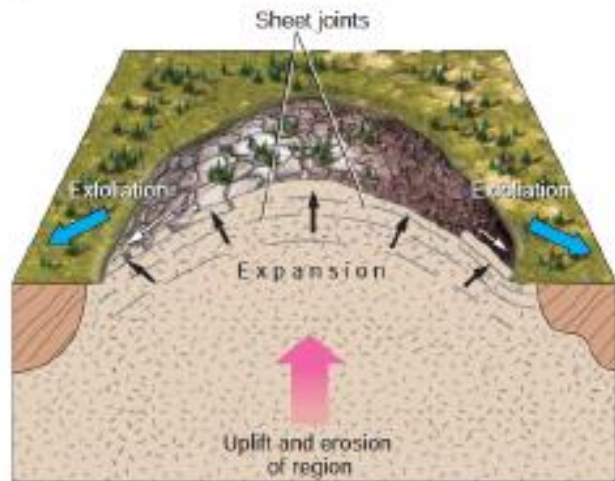


Fonte: [Wikipedia](#)

- Alívio de pressão



A



B

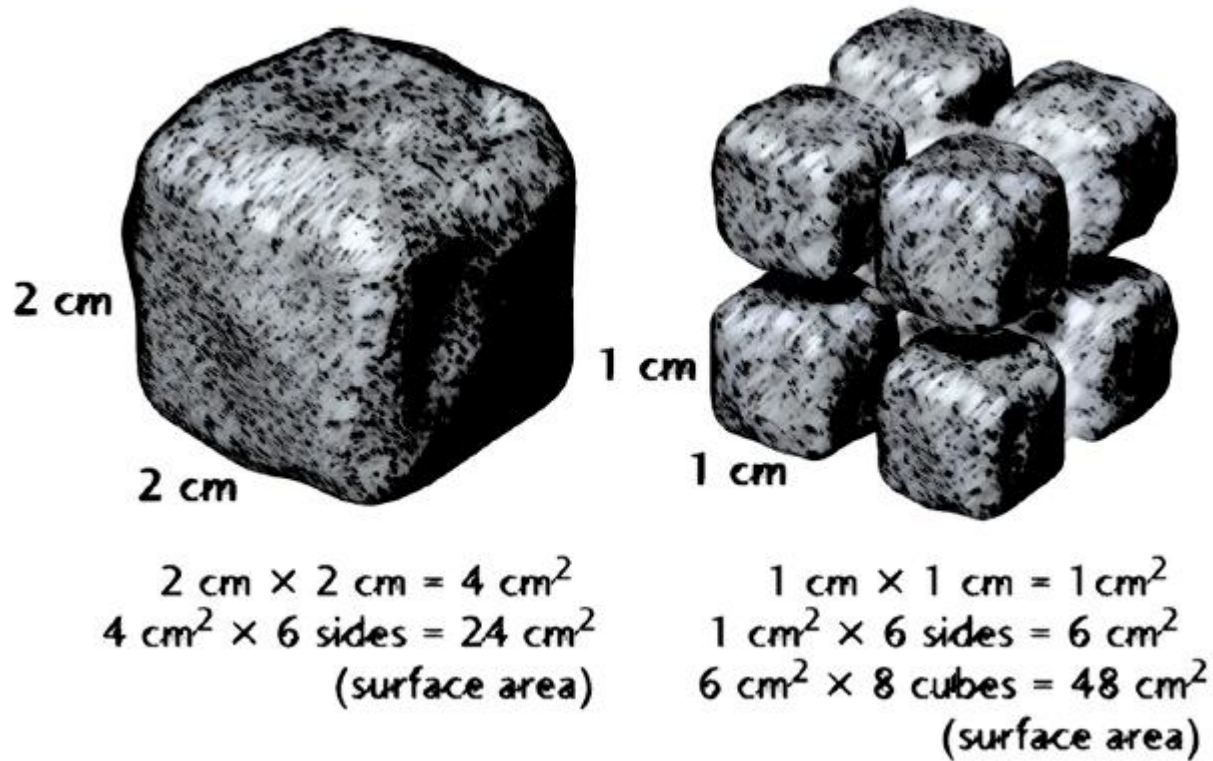


C

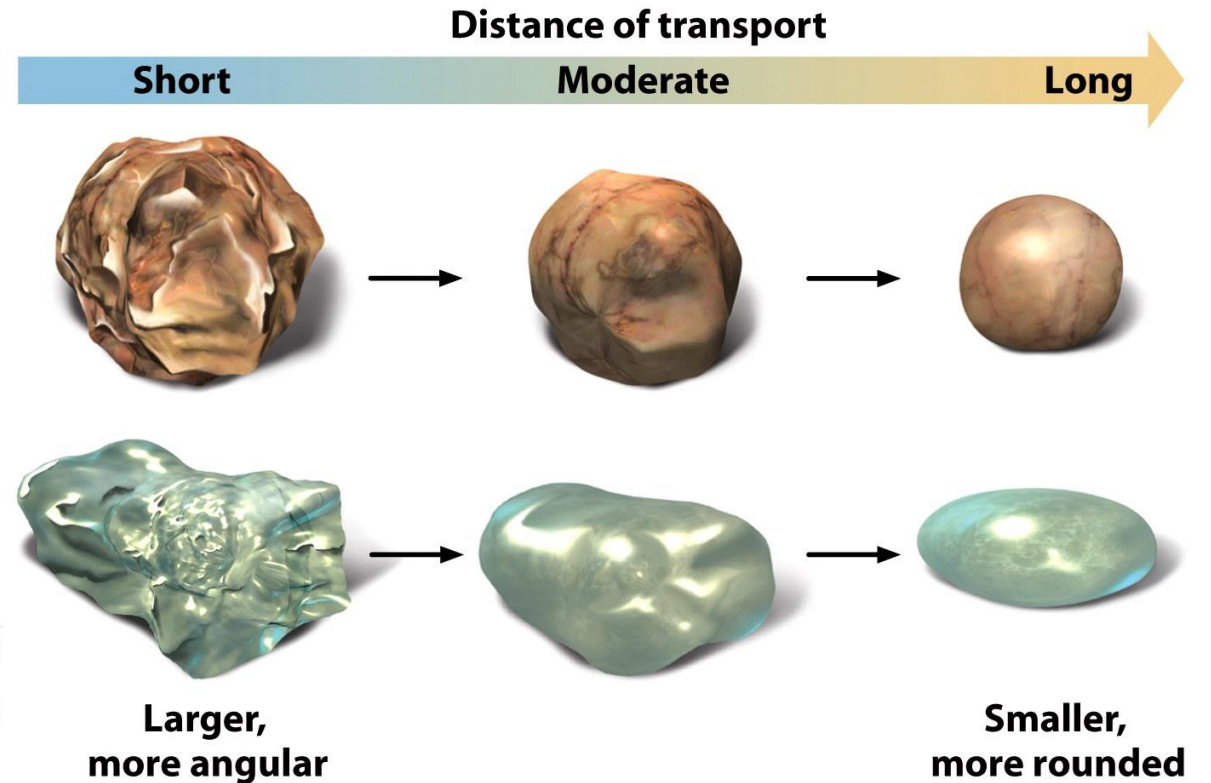
FIGURE 12.5

Sheet joints caused by pressure release. A granite batholith (A) is exposed by regional uplift followed by the erosion of the overlying rock (B). Unloading reduces pressure on the granite and causes outward expansion. Sheet joints are closely spaced at the surface where expansion is greatest. Exfoliation of rock layers produces rounded exfoliation domes. (C) Sheet joints in a granite outcrop near the top of the Sierra Nevada, California. The granite formed several kilometers below the surface and expanded outward when it was exposed by uplift and erosion. *Photo by David McGeary*

Intemperismo físico



Aumento da área específica; aumento da ação da água



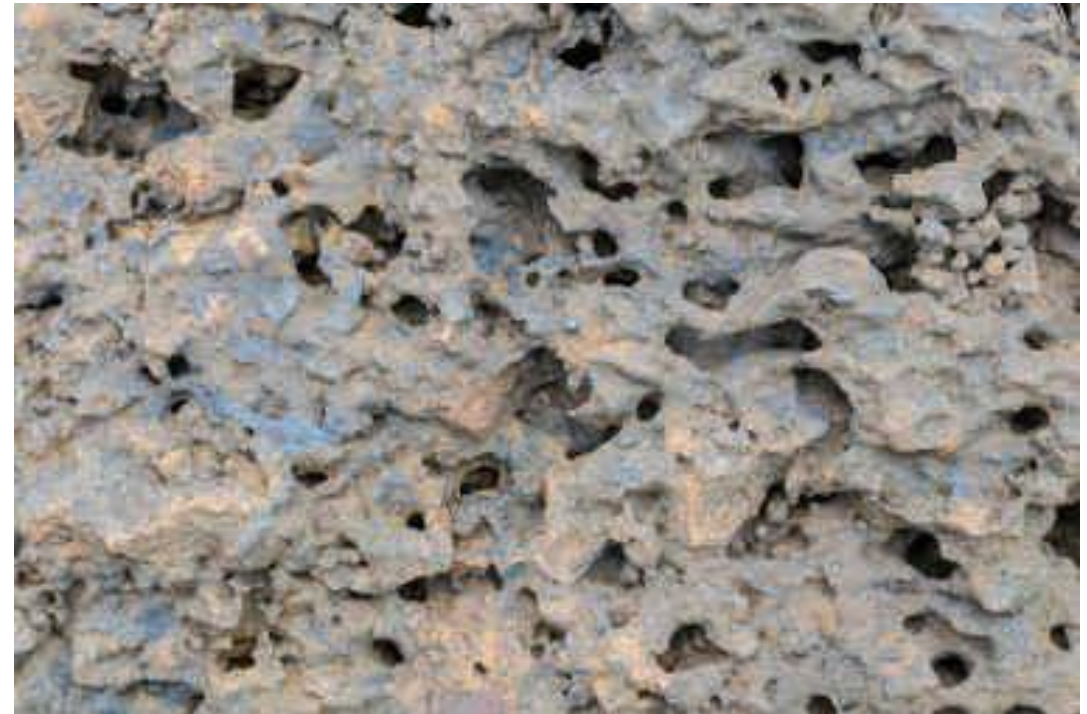
• Intemperismo químico

Todos os mecanismos de fragmentação e desagregação do intemperismo físico concorrem para a entrada da água da chuva na rocha – promoção de reações químicas

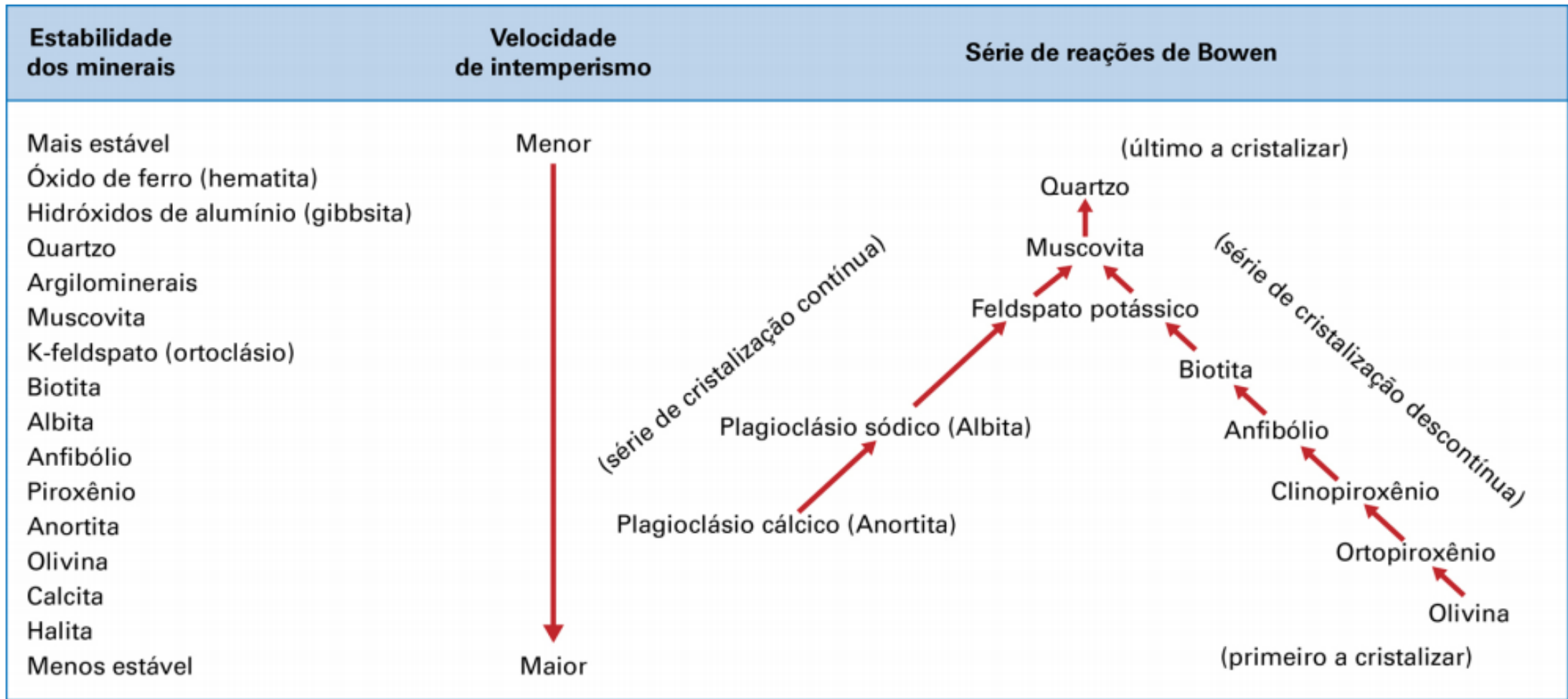
- Principal agente de intemperismo químico é a água;
- Promove a mudança de composição química e estrutura do mineral (transformação química);
- Minerais do Planeta **não são estáveis** (correlacionável com a série de cristalização de Bowen)



Fonte: Google Imagens



Fonte: Google Imagens



Fonte: UNIVESP

Quanto mais resistente for o mineral – mais difícil a quebra das ligações químicas necessárias ao intemperismo

Suscetibilidade ao intemperismo

Presença de areias em praias e rios – predominantemente constituídas de quartzos e um pouco de muscovita: **minerais mais resistentes ao intemperismo**

Fração grossa: minerais inalterados
(primários)

Oxi-hidróxidos de ferro, de alumínio e os argilominerais: partículas menores que a areia e são transportados até mais longe (planícies de inundação dos rios, fundos lodosos de lagos fundo marinho)

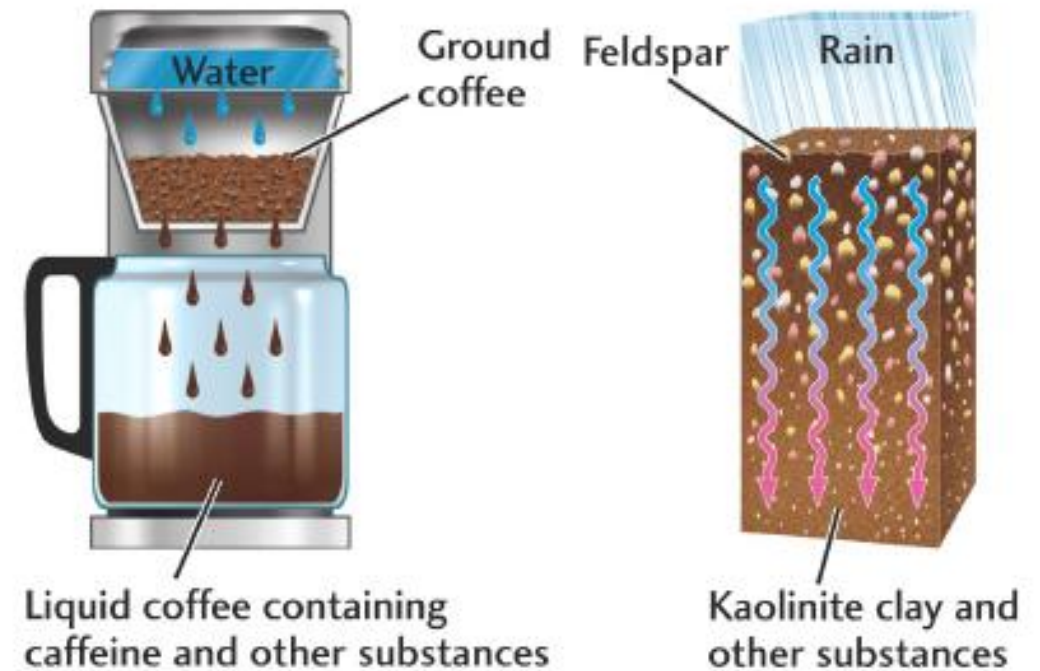


Fonte: Google Imagens

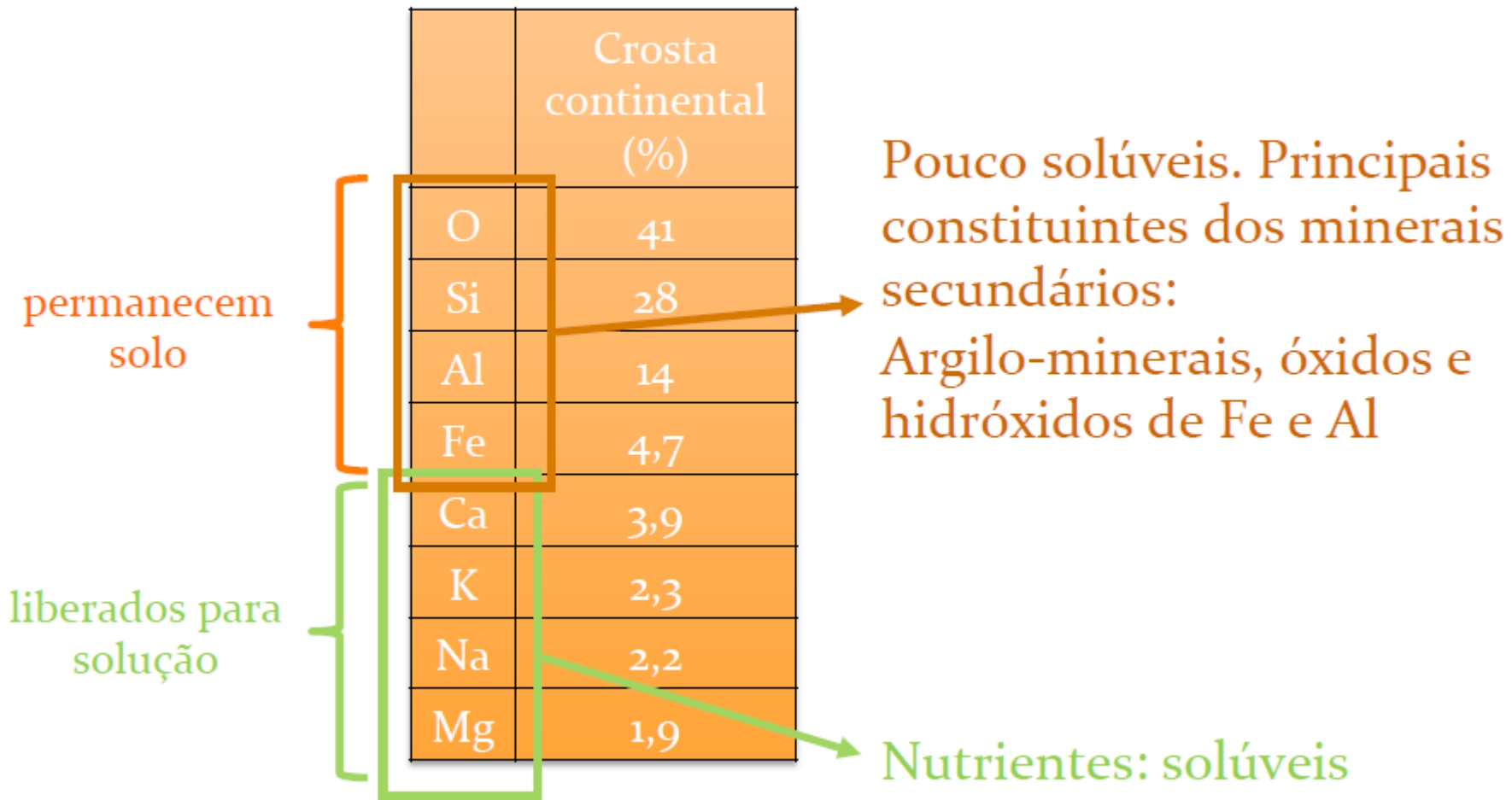
Formação de minerais secundários (ou supérgenos)

Mineral I + solução de alteração => Mineral II + solução de lixiviação

- **Mineral I:** mineral primário (presente na rocha dura);
- **Solução de alteração:** água da chuva carregada de elementos/substâncias dissolvidas;
- **Mineral II:** mineral secundário (goethita, gibsitita, argilominerais, etc)
- **Solução de lixiviação:** água da chuva, cuja composição foi modificadas



Formação de novos minerais



Fonte: Decifrando a Terra

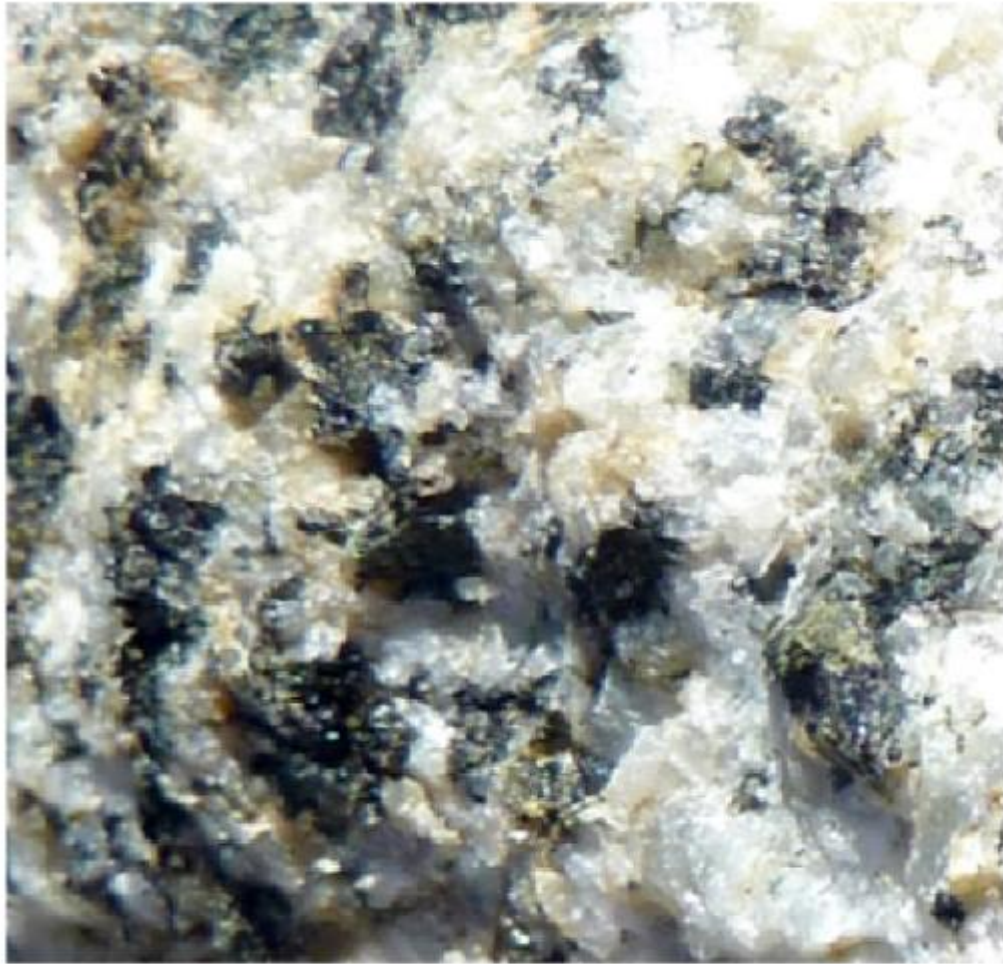


Figure 5.2.1 Unweathered (left) and weathered (right) surfaces of the same piece of granitic rock. On the unweathered surfaces the feldspars are still fresh and glassy-looking. On the weathered surface much of the feldspar has been altered to the chalky-looking clay mineral kaolinite.



Figure 5.2.2 A granitic rock containing biotite and amphibole which have been altered near to the rock's surface to limonite, which is a mixture of iron oxide minerals.



Fonte: **PETAR** online

Intemperismo em minerais silicatos

- **Quartzo:** muito estável
- **Feldspatos:** formam argilominerais
- **Minerais máficos:** decompõem para óxidos

Fatores que controlam o intemperismo

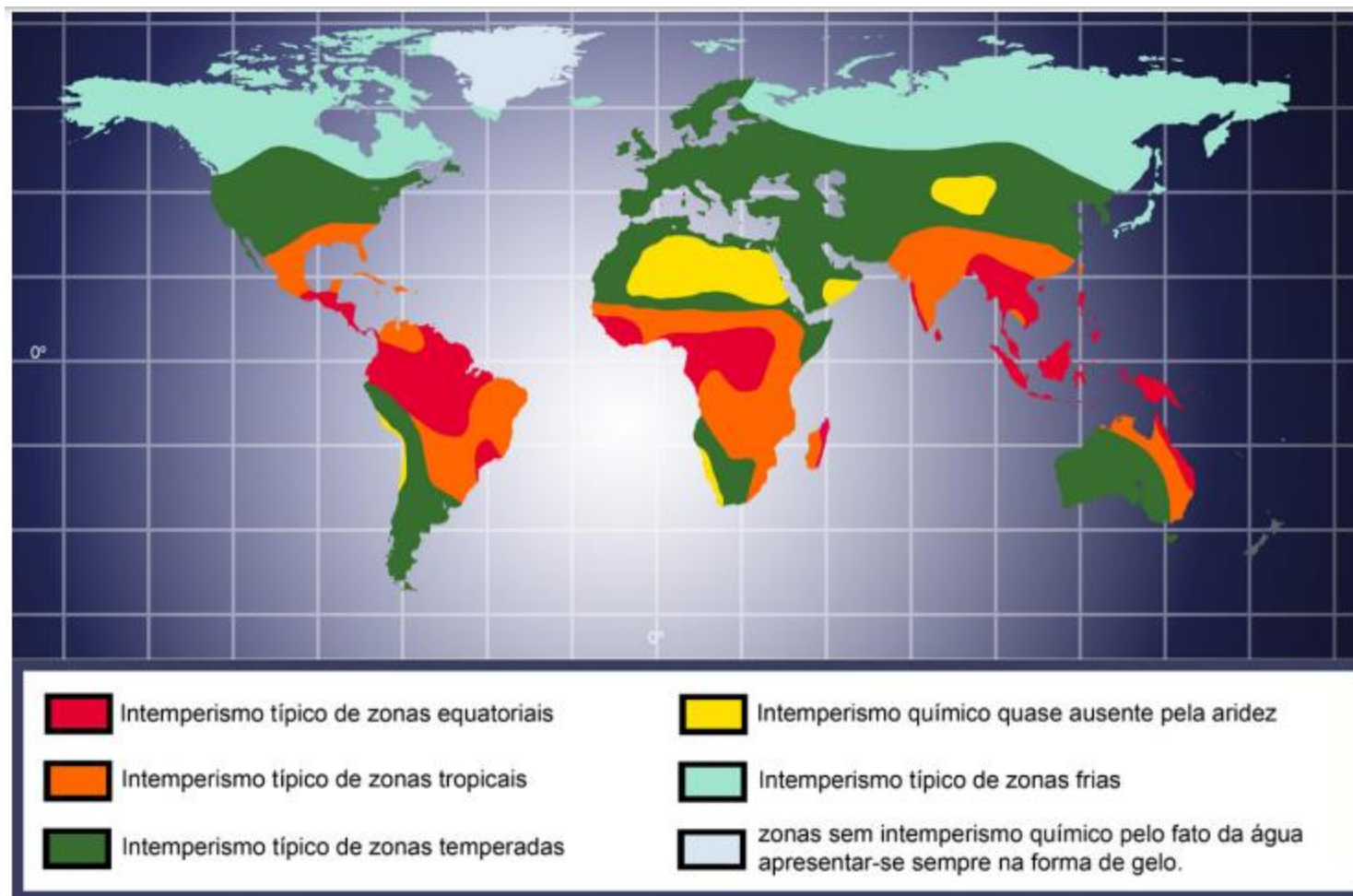
A reações químicas diversas dependem dos

Reagentes:

- Minerais

Condições em que as reações se processam:

- Clima
- Relevo
- Presença de organismos
- Tempo
- Atividades antrópicas



Fonte: VUNESP

Superfície da Terra está em constante mudança

Forças endógenas x exógenas

Convecção do manto (controlado pelo calor interno da Terra)



Interações entre a atmosfera, hidrosfera e a biosfera (controlada pela energia Solar)



A água é o principal **agente de intemperismo** das rochas da crosta terrestre e de **erosão** dos produtos de intemperismo – contribui para a reciclagem de numerosas substâncias químicas

A água escoando
carregando
sedimentos



Formação de
depósitos de
sedimentos



Rochas sedimentares



Rio Paraíba do Sul



Rio Paraná



Whiteheaven beach (Austrália)



Antelope Canyon (Arizona, EUA)



Antelope Canyon – The Wave (Arizona, EUA)



Serra da Capivara (PI)

