

Tópicos Especiais em Agronomia II – Levantamento , Classificação (taxonômica e técnica) e Uso do Solo

Unidades Temáticas I e II

Edson Alves de Araújo
Eng. Agr. DSc. Solos e Nutrição de Plantas

Conteúdo

- 1. Introdução

Revisão de conceitos básicos de Edafologia

- 2. Gênese do Solo

- 2.1. Minerais e Rochas

- 2.2. Intemperismo

- 2.3. Processos de Formação do Solo

- 2.4. Fatores de Formação do Solo

1. Introdução

SOLO

Agrônomo – meio para sustentar e capaz de armazenar e fornecer água e nutrientes para as plantas;

Engenheiro Civil – serve para suportar carga, edificações, rodovias e instalações sanitárias e outros

Geólogo – produto da alteração das rochas na superfície

Arqueólogo – registro de civilizações pretéritas

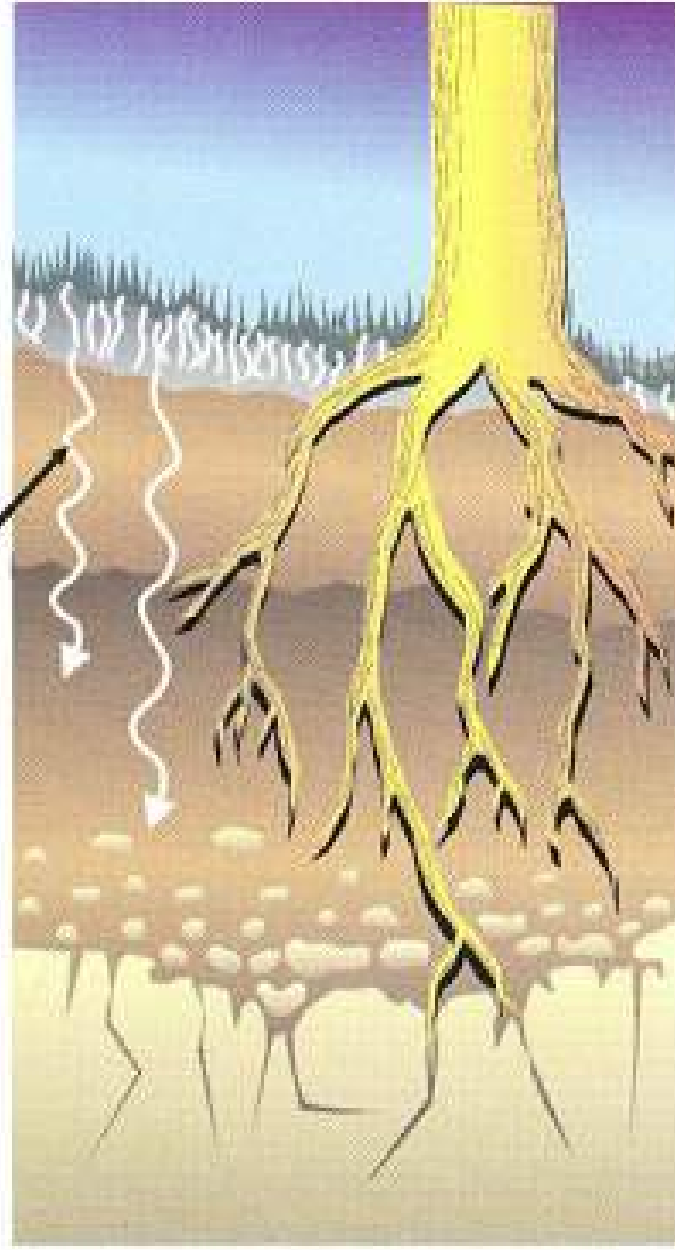
Hidrólogo – meio poroso que a briga reservatório de água subterrânea

Para a ciência em Geral – produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob ação da atmosfera, da hidrosfera, da biosfera e das trocas de energia envolvidas

Conceitos

- Pedologia - estudo do solos quanto a sua gênese, classificação e mapeamento
- Edafologia (do grego, *edaphos* : solo ou terra) – estudo do solo como meio para a produção vegetal (relação solo-planta).
- Solum – Horizonte A + B
- Regolito – Manto de intemperismo
- Saprolito – Horizonte C Alterado
- Contato lítico – Contato entre rocha alterada e rocha inconsolidada

Percolação da Água



ROCHA C
SAPROLITO

O
A
E
B

SOLUM

SOLO

FORMAÇÃO SOLIMÕES

A

B

Cr

R

Fotografia: Edson Araújo, novembro de 2013

SOLO: Sistema Trifásico

FASES: sólida, líquida e gasosa



*****As proporções de matéria orgânica e matéria mineral podem variar conforme a natureza dos solos.**

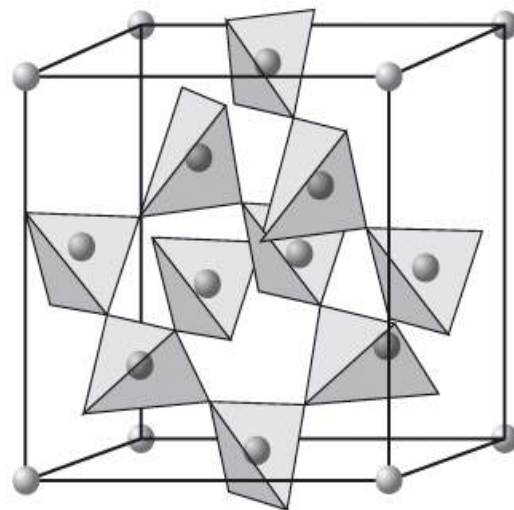
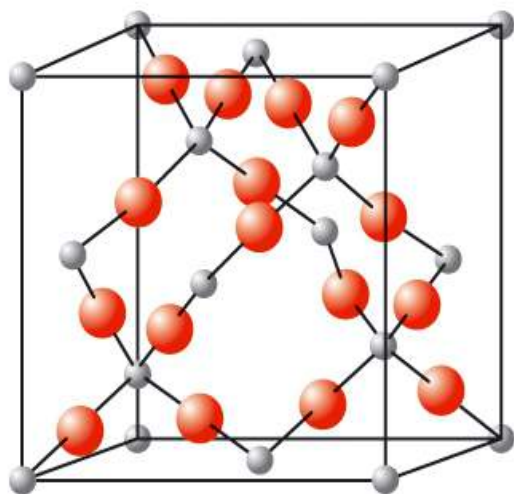
2. Gênese do Solo

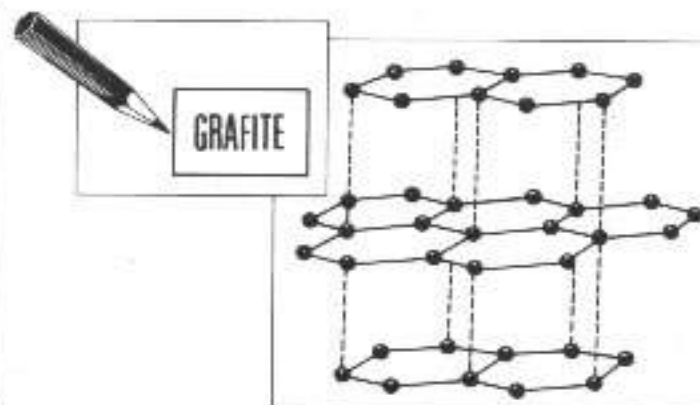
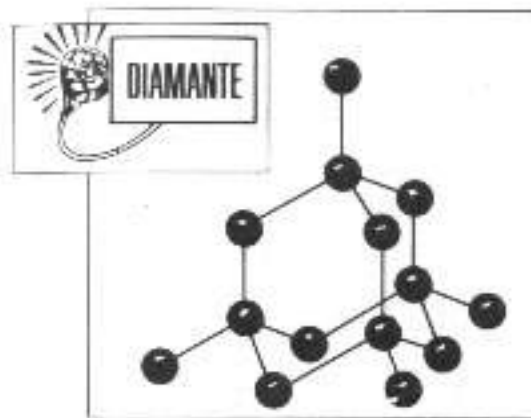
2.1. Minerais e Rochas

Minerais – Sólido de ocorrência natural, homogêneo, inorgânico, com composição química definida e estrutura interna ordenada

Rocha – agregado de minerais ou mineralóides

Mineralóides – materiais que apresentam semelhança aos minerais





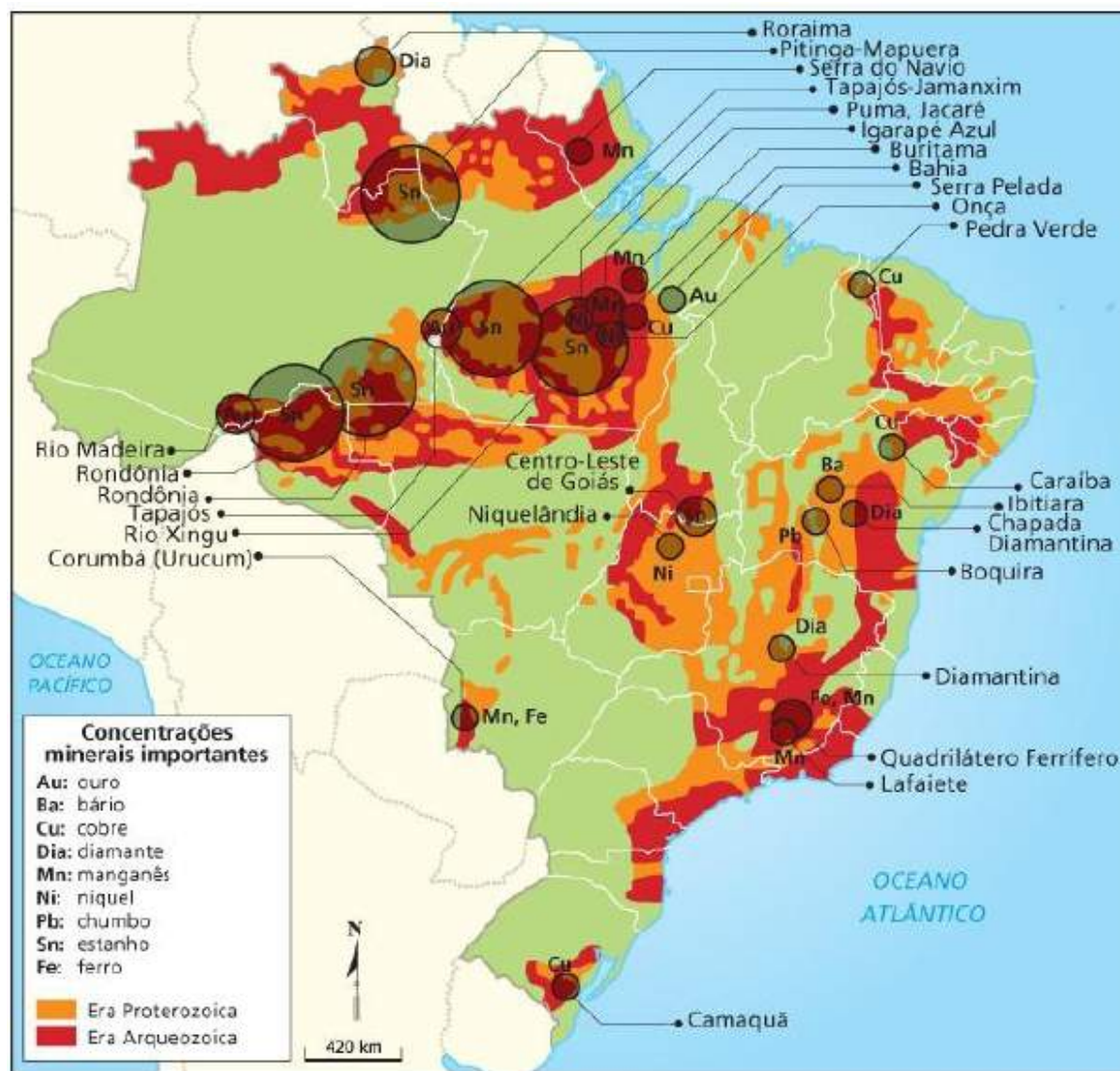
Rocha



Tabela 21.3 Classificação utilitária simplificada das substâncias minerais: alguns exemplos

Metálicos		
Ferrosos	ferroligas	ferro, manganês, cromo, molibdênio, níquel, cobalto, wolfrâmio, vanádio
Não-ferrosos	básicos	cobre, chumbo, zinco, estanho
	leves	alumínio, magnésio, titânio, berílio
	preciosos	ouro, prata, platina
	raros	berílio, cério, lítio, etc.
Não-metálicos		
	materiais de construção	areia, cascalho, rochas industriais, brita
	materiais para indústria química	enxofre, fluorita, sais, pirita, cromita
	fertilizantes	fosfatos, potássio, nitrato
	cimento	calcário, argila, gipsita
	cerâmica	argilas, feldspato, sílica
	refratários	cromita, magnesita, argilas, sílica
	abrasivos	córindon, diamante, granada, quartzito
	isolantes	amianto, mica
	fundentes	carbonatos, fluorita
	pigmentos	barita, ocre, titânio
	gemas	diamante, rubi, turmalina

Principais concentrações de minérios metálicos no Brasil.



Fonte: <http://geografalando.blogspot.com.br/2013/02/estrutura-geologica-e-recursos-minerais.html>

EXTRAÇÃO DE AREIA

Àrea de Campinaranas, Cruzeiro do Sul, AC

Fotografia: Edson Araújo, 2009

EXTRAÇÃO DE AREIA – RIO BRANCO (PRAIA DO AMAPA)



CERAMICA - ARGILAS



EXTRAÇÃO DE PIÇARRA NO ACRE



Potenciais



Carbonato



Gipsita
(CaSO₄)

ROCHAS IGNEAS OU MAGMATICAS

ESTAS ROCHAS RESULTAM DO RESFRIAMENTO DE
MATERIAL ROCHOSO FUNDIDO CHAMADO
MAGMA.

QUANDO O RESFRIAMENTO OCORRE NO INTERIOR
DO GLOBO TERRESTRE – ÍGNEA INTRUSIVA

EX.: GRANITO

QUANDO O RESFRIAMENTO OCORRE NO EXTERIOR
DO GLOBO TERRESTRE – ÍGNEA EXTRUSIVA
(VULCANICA)

- Granito



(quartzo, mica e feldspato)

- Riolito





Rochas Metamórficas

Rochas Metamórficas

- Metamorfismo: do grego “*metamorphosis*” - mudança de forma.
- Rocha Metamórfica: Qualquer rocha que tenha sofrido mudanças na textura, mineralogia ou composição química, no estado sólido
- Objetivo das mudanças: equilíbrio químico - mudanças resultam em configurações mais estáveis

Rochas Metamórficas

- Agentes Metamórficos:
- Pressão
- Temperatura
- Fluidos Quimicamente ativos

Rochas Metamórficas

Pressão:

- Aumento de pressão diminui o espaço disponível para crescimento de minerais
- Minerais metamórficos tendem a ser mais densos, estáveis em altas pressões.
- Eliminação da porosidade
- Expulsão de voláteis
- Desaparecimento de fósseis
- Aparecimento de minerais mais densos



Rochas Metamórficas

Ação da Temperatura:
Recristalização

Ação da Pressão:
Deformação dos minerais

ROCHA ÍGNEA OU SEDIMENTAR ORIGINAL	ROCHA METAMÓRFICA RESULTANTE
CONGLOMERADO	METACONGLOMERADO
ARENITO	QUARTZITO
ARENITO ARGILOSO	QUARTZITO MICÁCEO
	ARDÓSIA
ARGILITO & SILTITO (LAMITOS)	FILITO
	MICAXISTO
	GNAISSE
CALCÁREO PURO	MARMORE BRANCO
CALCÁREO ARGILOSO	MARMORE MICÁCEO
CALCÁREO DOLOMÍTICO	MARMORE VERDE
CARVÃO	ANTRACITO
	GRAFITE
GRANITO	GNAISS
	XISTOS VERDES
BASALTO	ANFIBOLITOS
	SERPENTINÓS
ULTRABÁSICAS	TALCO-XISTOS
	PEDRA SABÃO



Rochas Sedimentares

Rochas Sedimentares

- Sedimento:
- São fragmentos resultantes da desagregação de rochas pré-existentes, esqueletos, conchas, etc, que se vão acumulando no fundo dos oceanos, nos mares, nos lagos ou pântanos.
- 3 tipos:
- Rocha detrítica
- Rocha sedimentar química
- Rocha Biogênica

Rochas Sedimentares

- Detrítica
- Rocha resultante da consolidação de sedimentos derivados de rochas pre-existentes (argila, silte, areia são sedimentos não consolidados).
- 75% das rochas
- Classificados em função do seu tamanho.

Balastos

Pressão
Cimentação

**Brechas
Conglomerados**

Areias

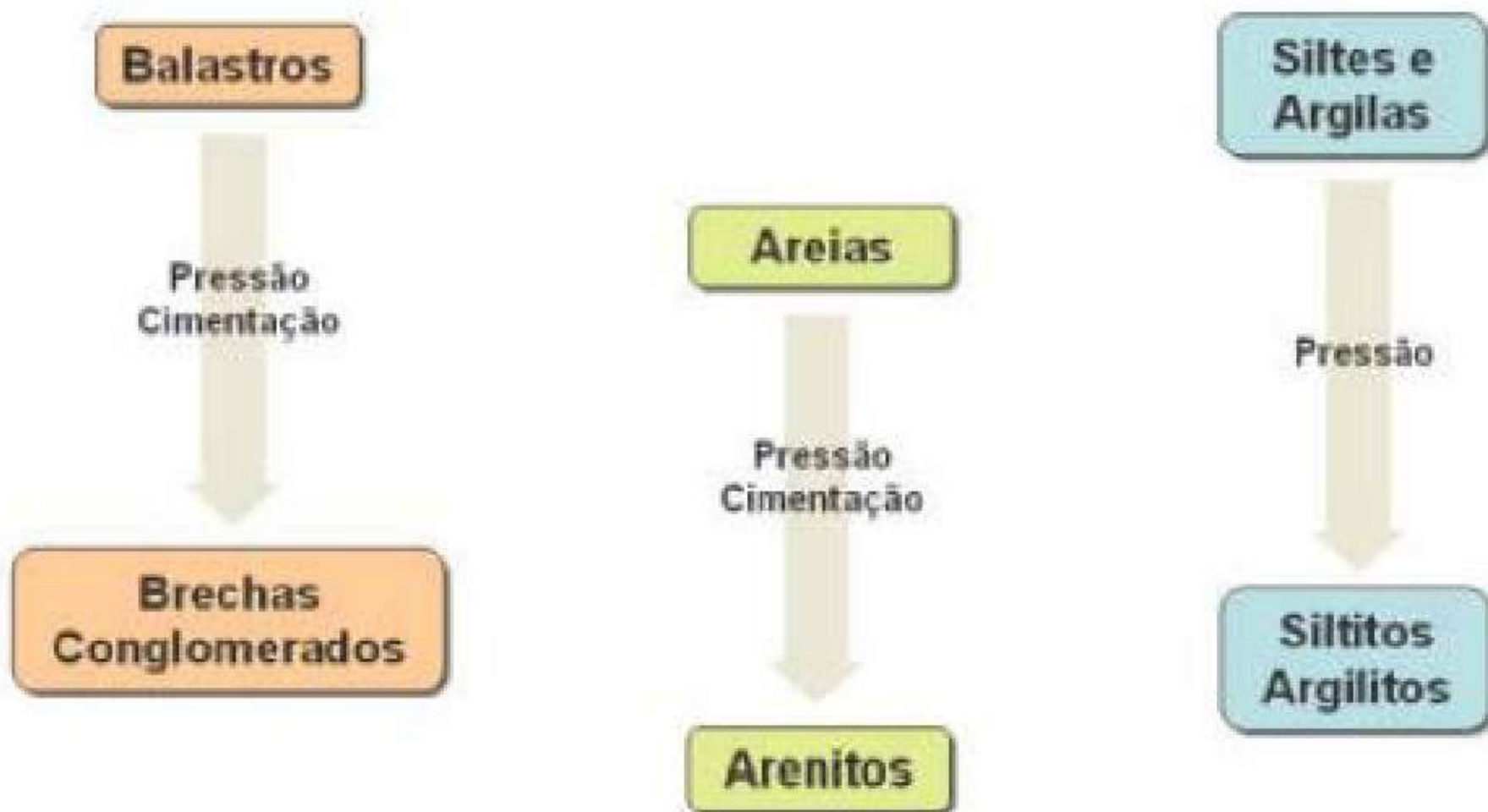
Pressão
Cimentação

Arenitos

**Siltes e
Argilas**

Pressão

**Siltitos
Argilitos**



Rochas Sedimentares

- Sedimentar química:
- Rochas formadas pela precipitação de minerais a partir de uma solução por processos orgânicos ou inorgânicos.
(Carbonato de Cálcio)
- Quimiogênicas
- Ex. Evaporitos, sal-gema, gesso.

CLIMA ÁRIDO NO PASSADO

Carbonato

Fotografia: Edson Araújo, agosto de 2009



TESTE – PRESENÇA DE CARBONATO (HCl – 10%)



CLIMA SECO NO PASSADO

Gipsita
(CaSO_4)

Fotografia: Edson Araújo, agosto de 2009



Estalactite





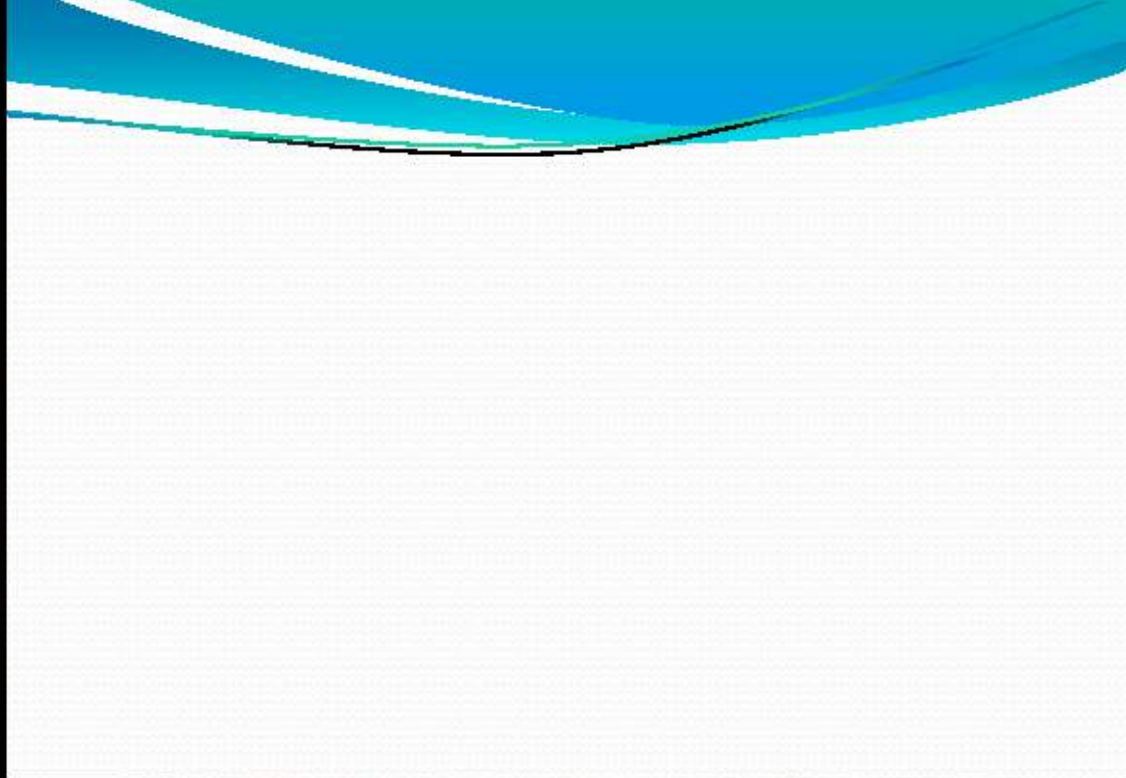
Calcário



**Calcite
botrioidal**



Travertino





Gesso

Halite



Precipitação
de
carbonato
de cálcio



Diagénese

Calcário

Precipitação
de sais de
cloreto de
sódio



Diagénese

Sal-gema

Precipitação
de sais de
sulfato de
cálcio



Diagénese

Gesso

Rochas Sedimentares

- Biogênica:
- Formada a partir de detritos orgânicos ou por materiais resultantes de uma ação bioquímica. (fósseis, carvão)

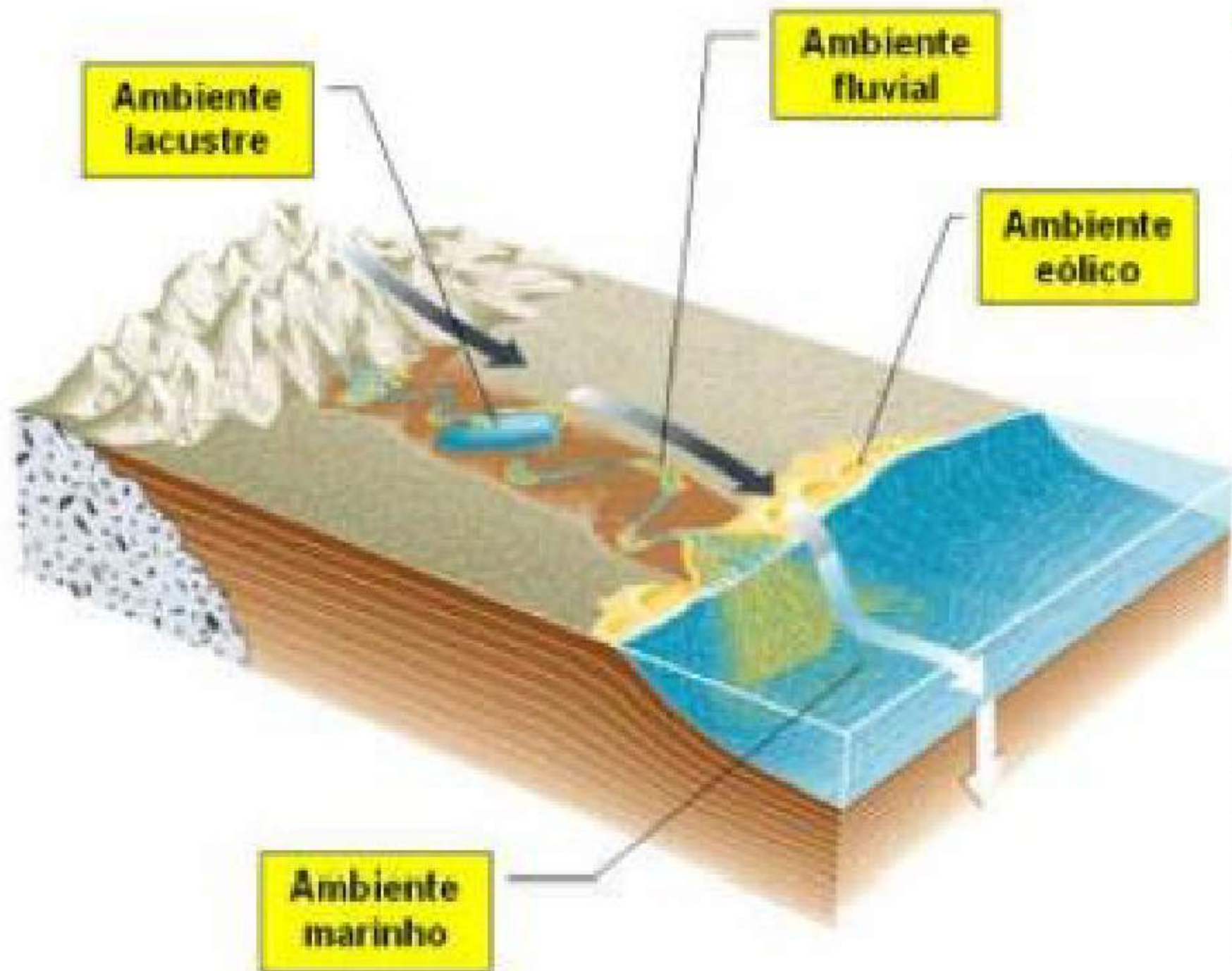




**Calcário
conquífero**



Calcário recifal



2.2. Intemperismo

O intemperismo é o conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra

Produtos do intemperismo – sujeitos a outros processos – erosão, transporte, sedimentação

Fatores que controlam o intemperismo

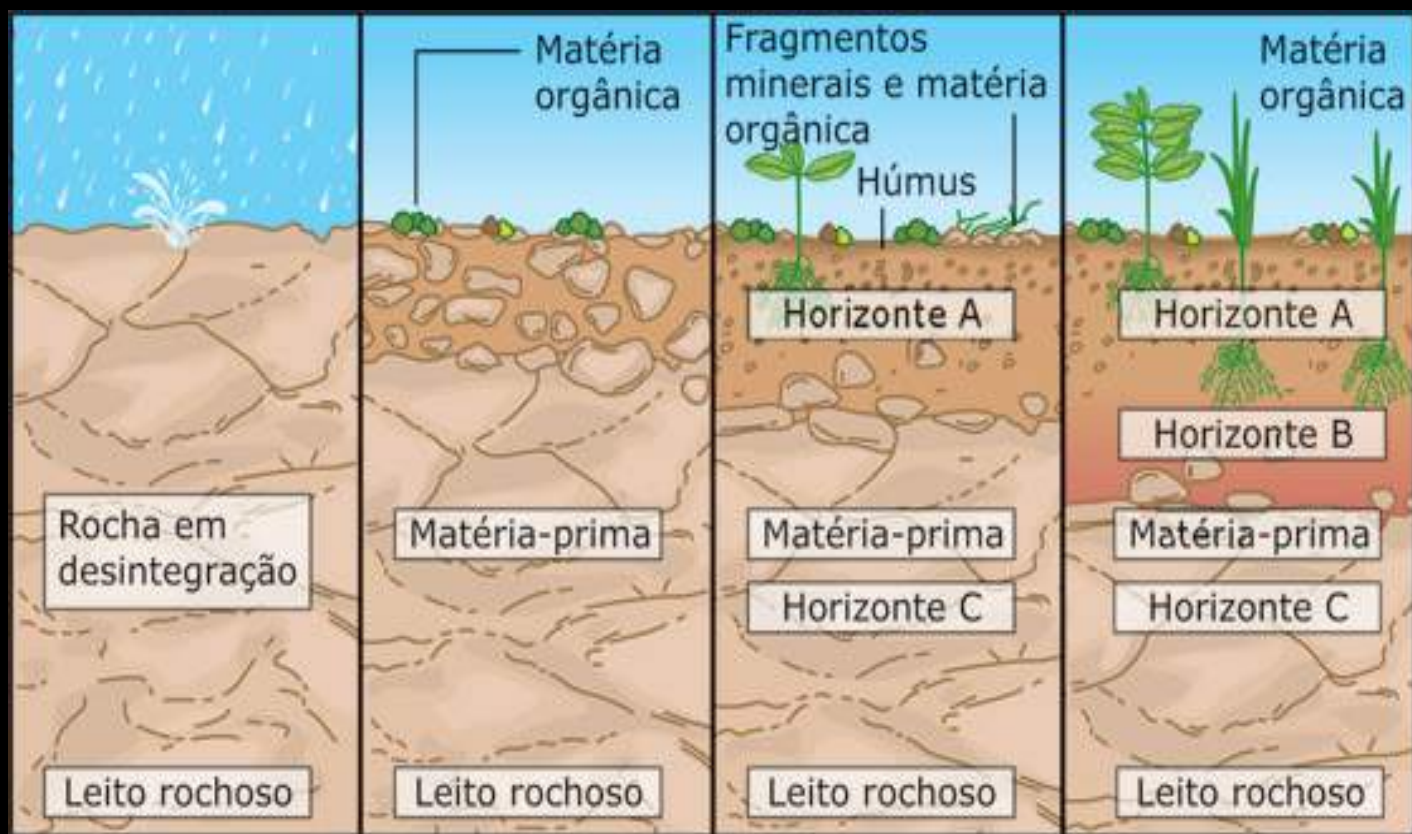
Clima – variação temperatura (extremos)

Relevo – regime de infiltração e drenagem das águas

Fauna e Flora – fornecem matéria orgânica p/ reações químicas

Material de origem – resistência diferenciada ao intemperismo

Tempo – exposição da rocha aos agentes intempéricos



①

O leito rochoso começa a se desintegrar

②

A matéria orgânica facilita a desintegração

③

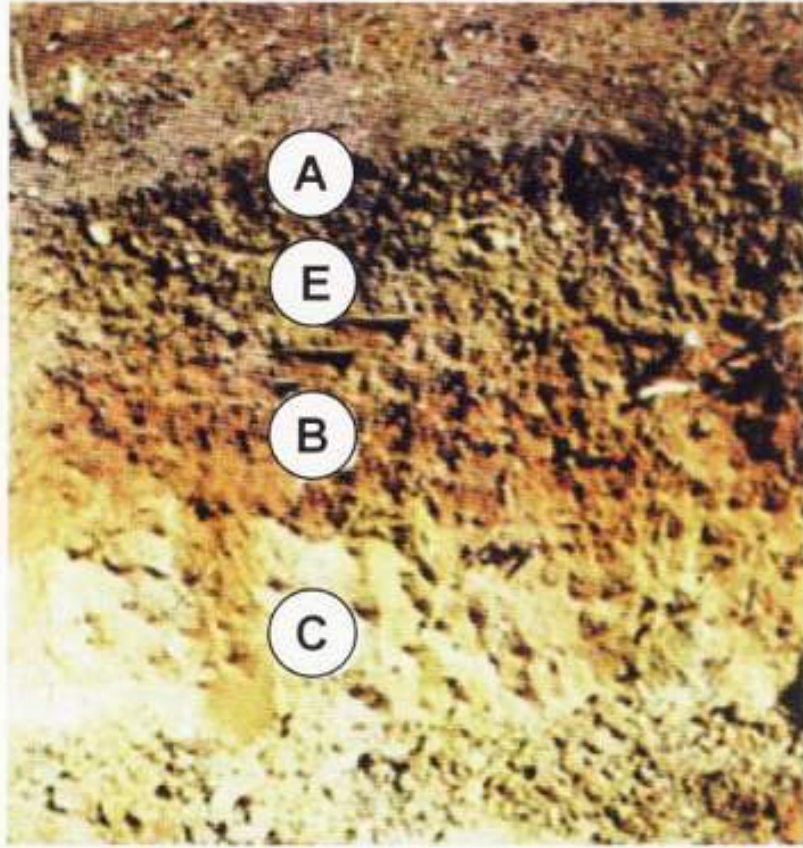
Formam-se os horizontes

④

O solo desenvolvido sustenta uma vegetação densa



PERFIL DE SOLO



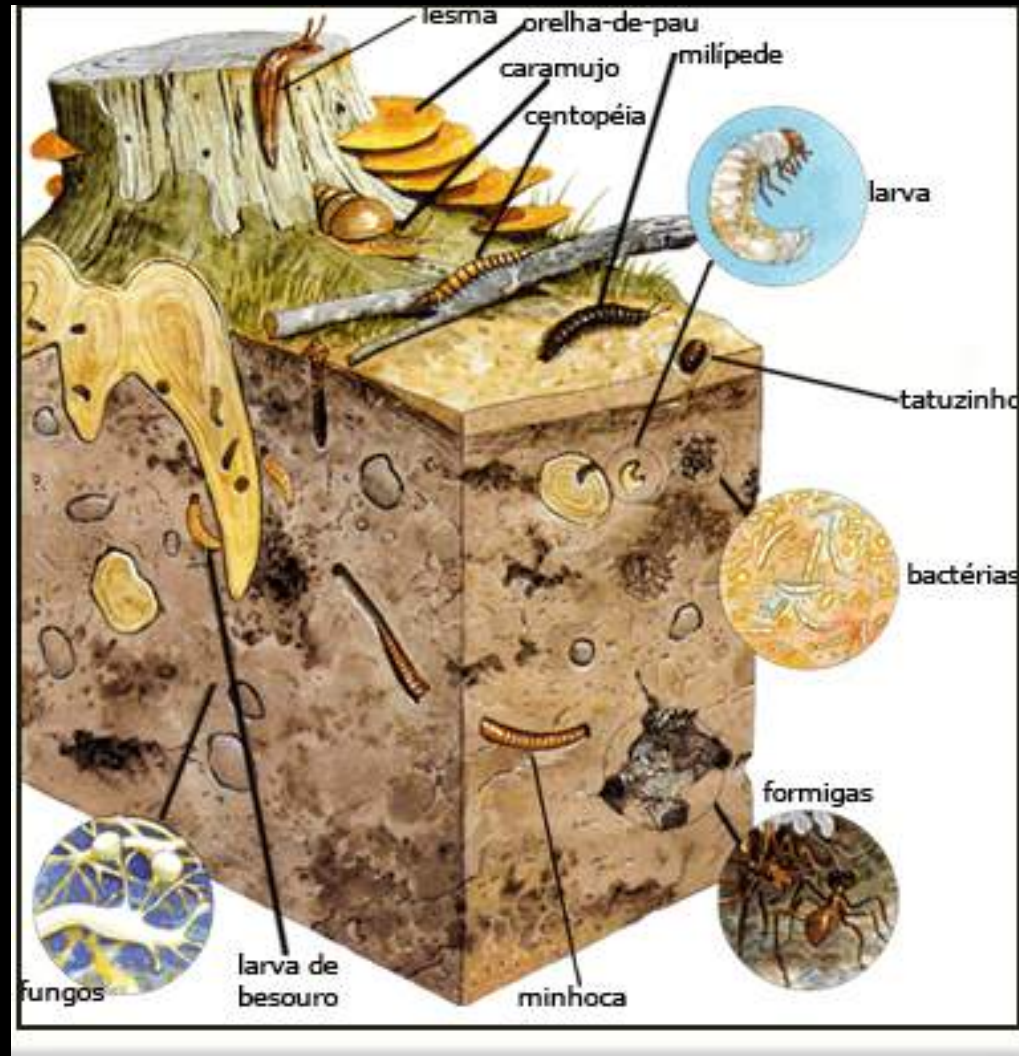
- C – Horizonte de rocha alterada (saprolito). Pode ser subdividido em saprolito grosseiro (parte inferior, onde as estruturas e texturas da rocha estão conservadas) e saprolito fino (parte superior, onde a herança morfológica da rocha não é mais reconhecida).
- B – Horizonte de acumulação de argila, matéria orgânica e oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio.
- E – Horizonte mais claro, marcado pela remoção de partículas argilosas, matéria orgânica e oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio.
- A – Horizonte escuro, com matéria mineral e orgânica e alta atividade biológica.
- O – Horizonte rico em restos orgânicos em vias de decomposição.

ESPODOSSOLO



Fotografia: Edson Araújo, novembro de 2013

SOLO: ORGANISMO VIVO



TIPOS DE INTEMPERISMO

1. INTEMPERISMO FÍSICO
2. INTEMPERISMO QUÍMICO
3. FÍSICO-BIOLÓGICO OU QUÍMICO BIOLÓGICO (Organismos ou matéria orgânica participa do processo)

1 INTemperismo Físico

Processos que causam desagregação das rochas, com separação dos grãos minerais antes coesos e com sua fragmentação, transformando a rocha inalterada em material descontínuo e friável

- Variações de temperatura ao longo do dia – expansão e contração térmica
- Congelamento da água nas fissuras das rochas

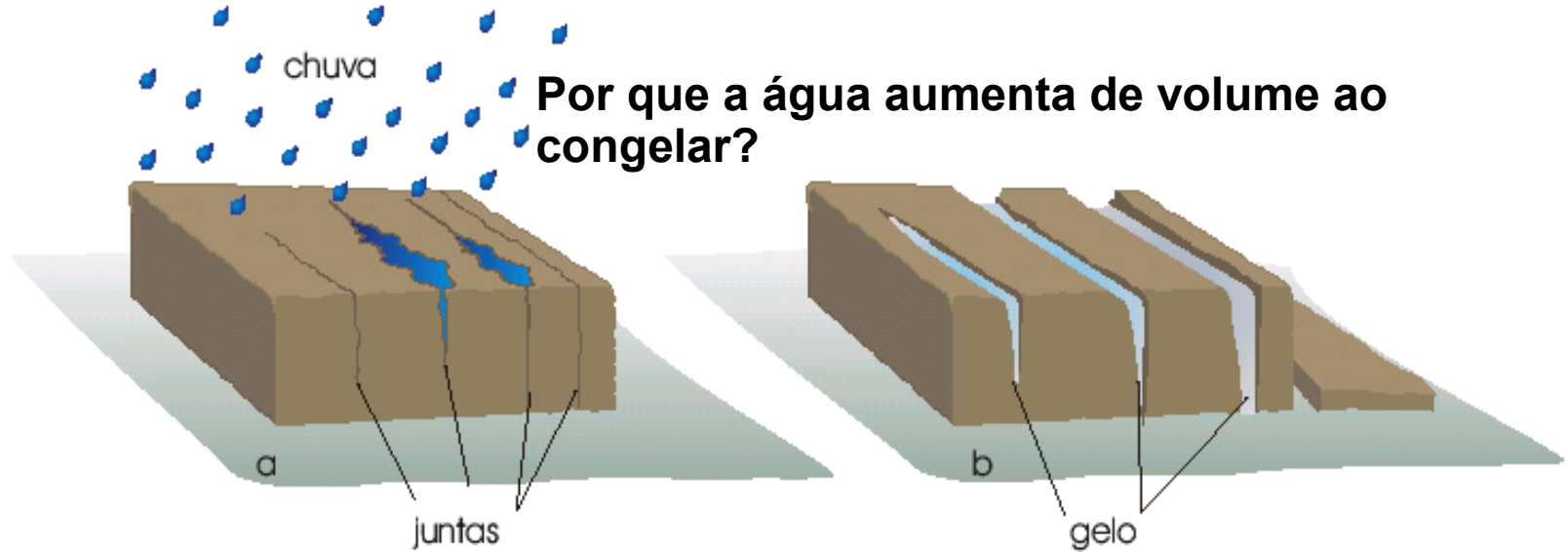
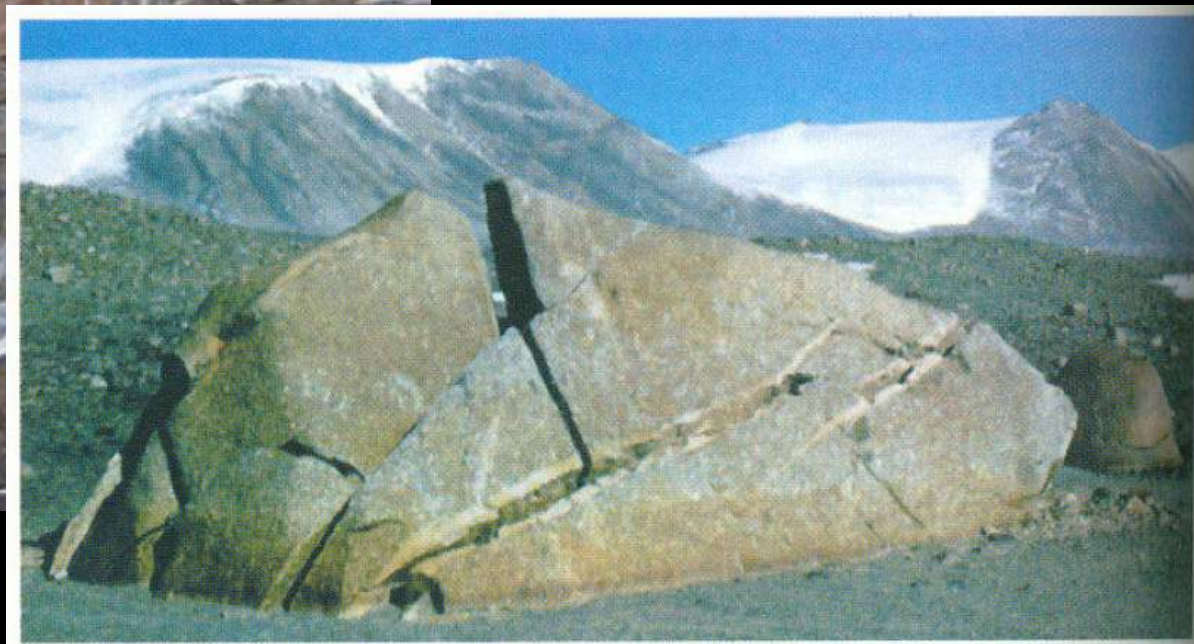
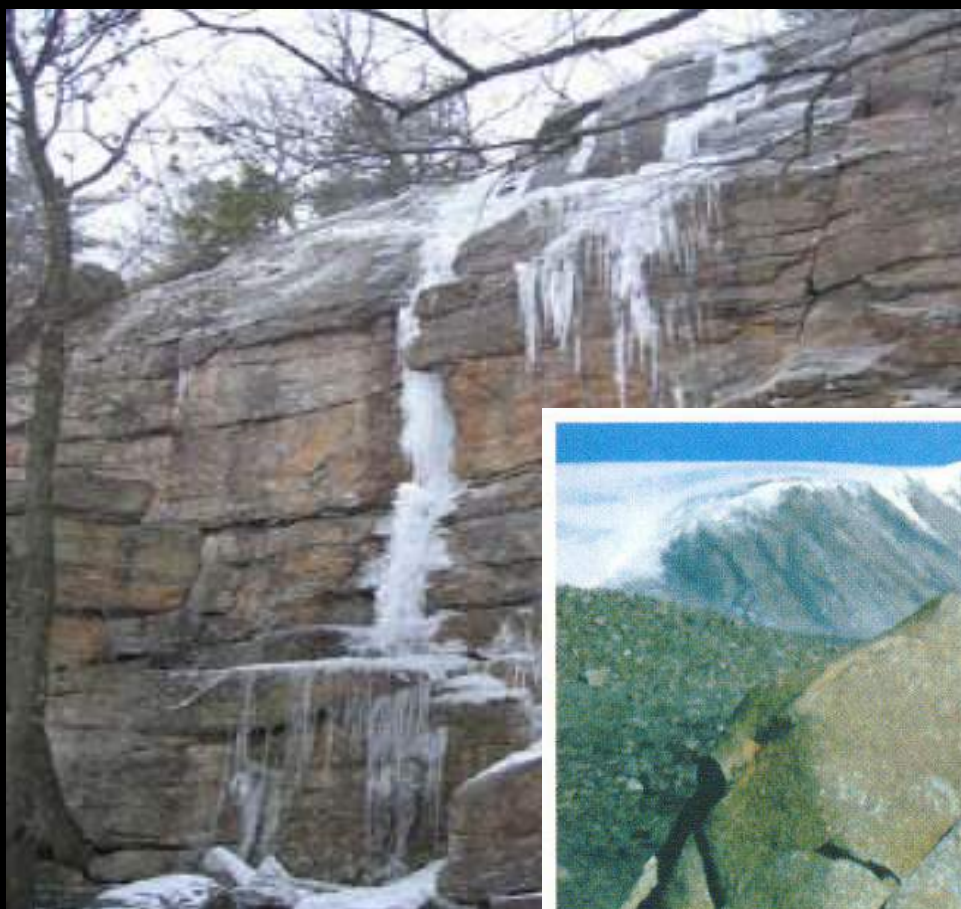


Fig. 8.2 Fragmentação por ação do gelo. A água líquida ocupa as fissuras da rocha (a), que posteriormente congelada, expande e exerce pressão nas paredes (b).

A água em estado líquido infiltra nas microfraturas da rocha ficando acumulada no interior e na superfície.

A redução da temperatura promove a solidificação da água que aumenta de volume em 9% aumentando a tensão interior da rocha.



Bloco de gnaiss fraturado pela ação do gelo nas fissuras (Antártica)



Fig. 8.5 Ação do crescimento de raízes, alargando as fissuras e contribuindo para a fragmentação das rochas. Foto: Alain Ruellan.



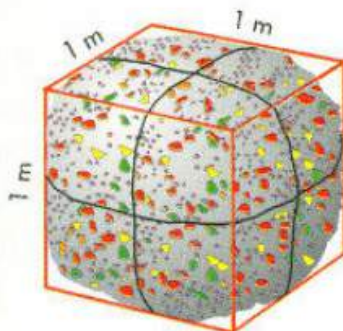
2 *INTemperismo Químico*

intemperismo químico ocorre quando a água transforma a composição mineral das rochas. Tais transformações ocorrem com intensidade variável, pois depende do grau de temperatura e umidade do local. De acordo com as condições do local, a água provoca grandes sulcos que podem atingir centenas de metros de profundidade

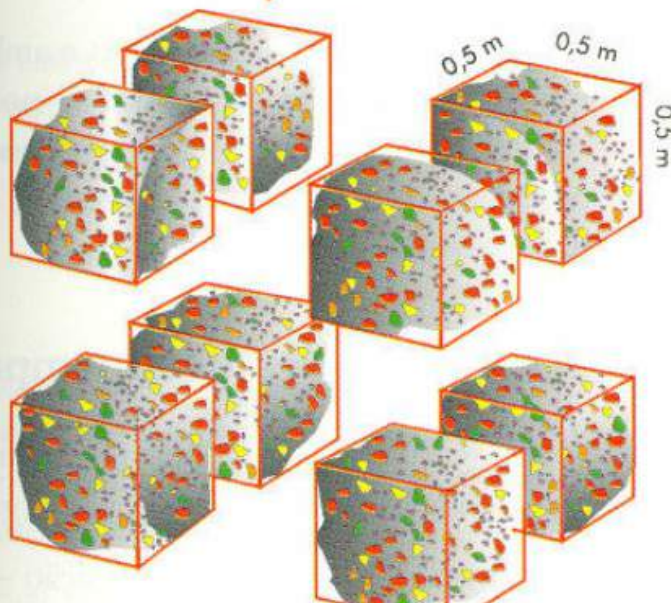
- Bloco único de aproximadamente
1 m de lado

- Volume = 1 m^3

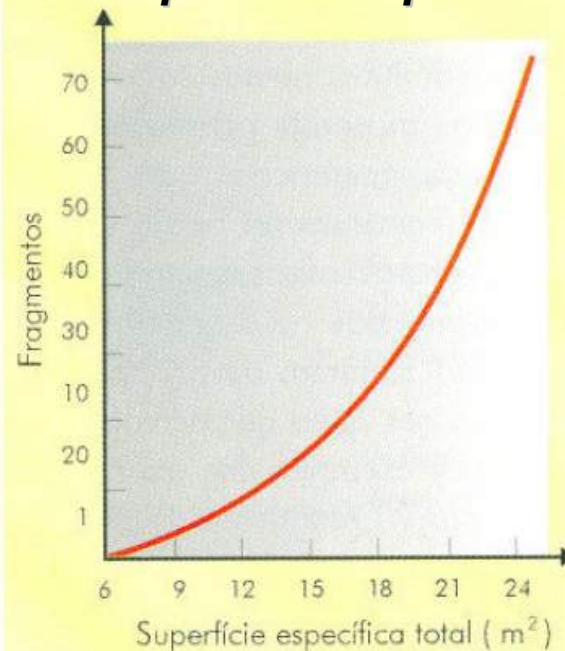
- Superfície específica = 6 m^2



Ruptura ao
longo de
fraturas



Superfície Específica



- 8 fragmentos, cada um
com aproximadamente
0,5 m de lado

- Volume = $(0,5)^3 \times 8 = 1 \text{ m}^3$

- Superfície específica = 12 m^2

Principal agente : água da chuva

As equações abaixo representam os equilíbrios de H_2O com CO_2 :



Reações do intemperismo

Mineral I + solução de alteração \rightarrow Mineral II +
solução de lixiviação

Hidratação

Hidrólise (pH entre 5-9)

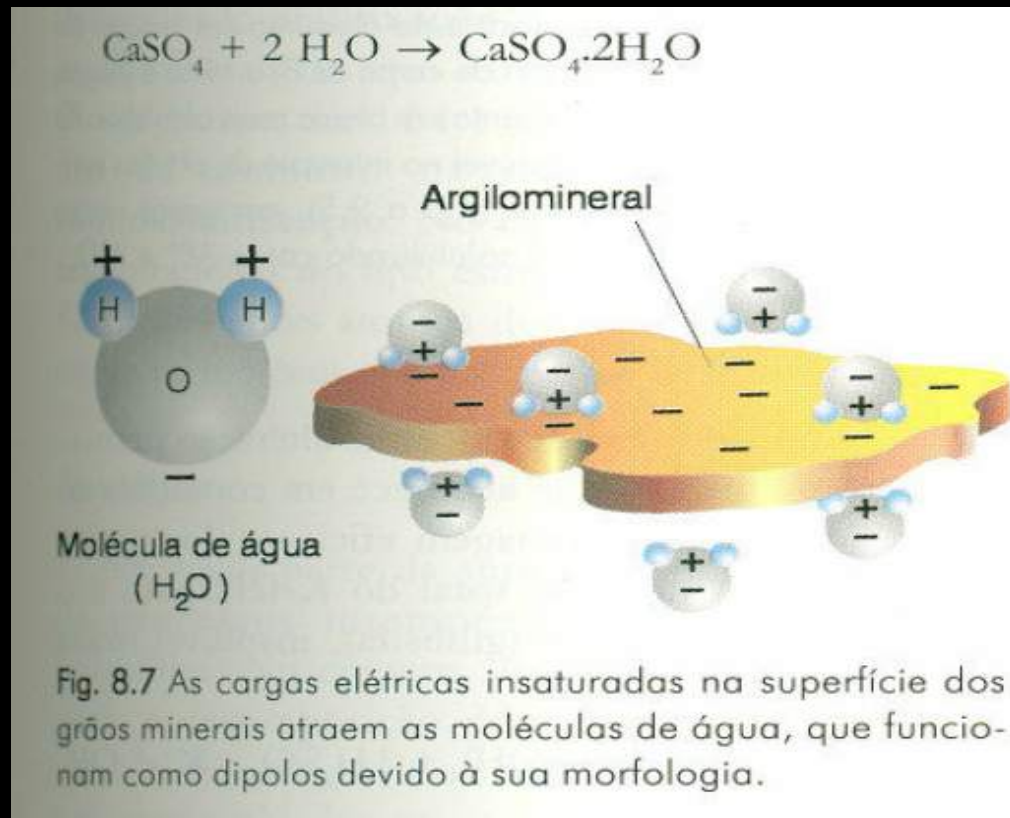
Dissolução

Oxidação

Acidólise (pH < 5)

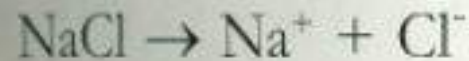
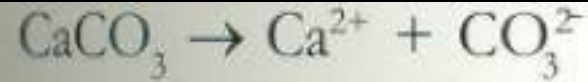
Hidratação

- Ocorre pela atração entre os dipolos das moléculas de água e as cargas não neutralizadas das superfícies dos grãos



Dissolução

-

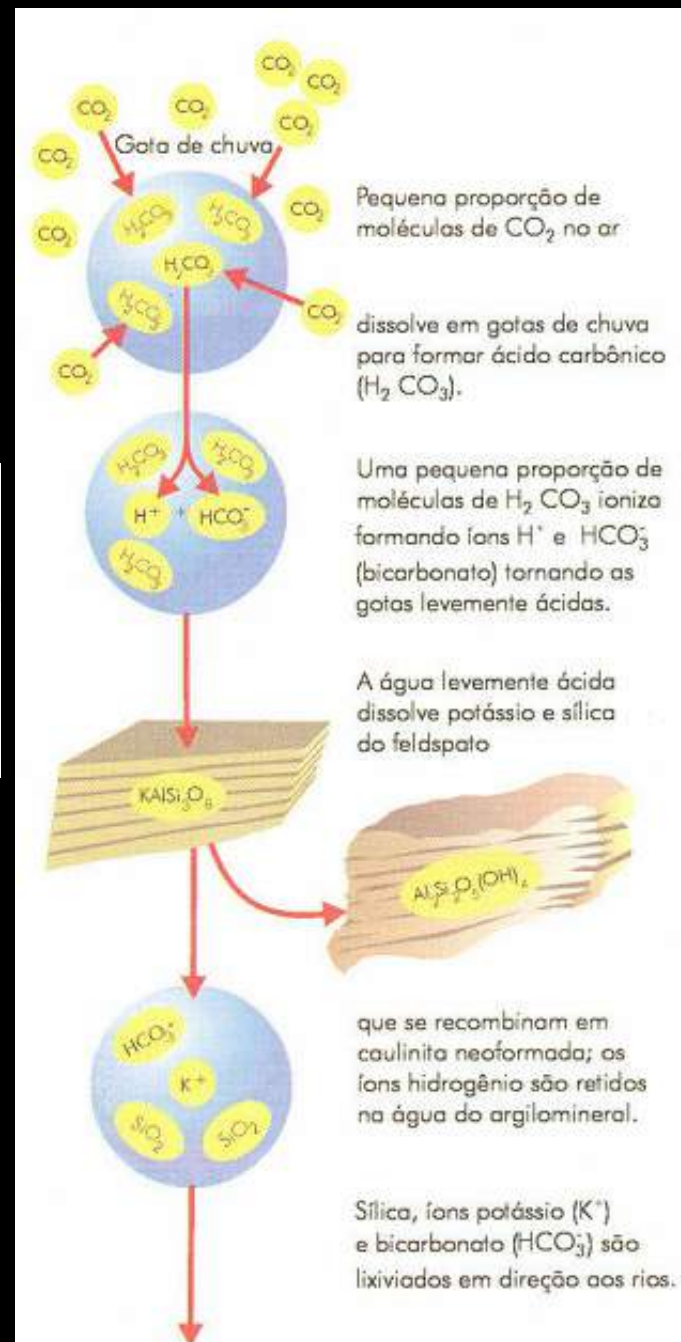


- Ocorre em terrenos calcáreos – formação de relevo cárstico (cavernas dolinas)

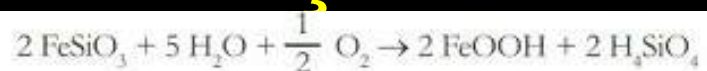


Hidrólise

Fig. 8.8 Alteração de um feldspato potássico em presença de água e ácido carbônico, com a entrada de H^+ na estrutura do mineral, substituindo K^+ . O potássio é totalmente eliminado pela solução de lixiviação e a sílica apenas parcialmente; a sílica não eliminada recombina-se com o alumínio também não eliminado, formando uma fase secundária argilosa (caulinita).



Oxidação



A goethita pode transformar-se em hematita por desidratação:

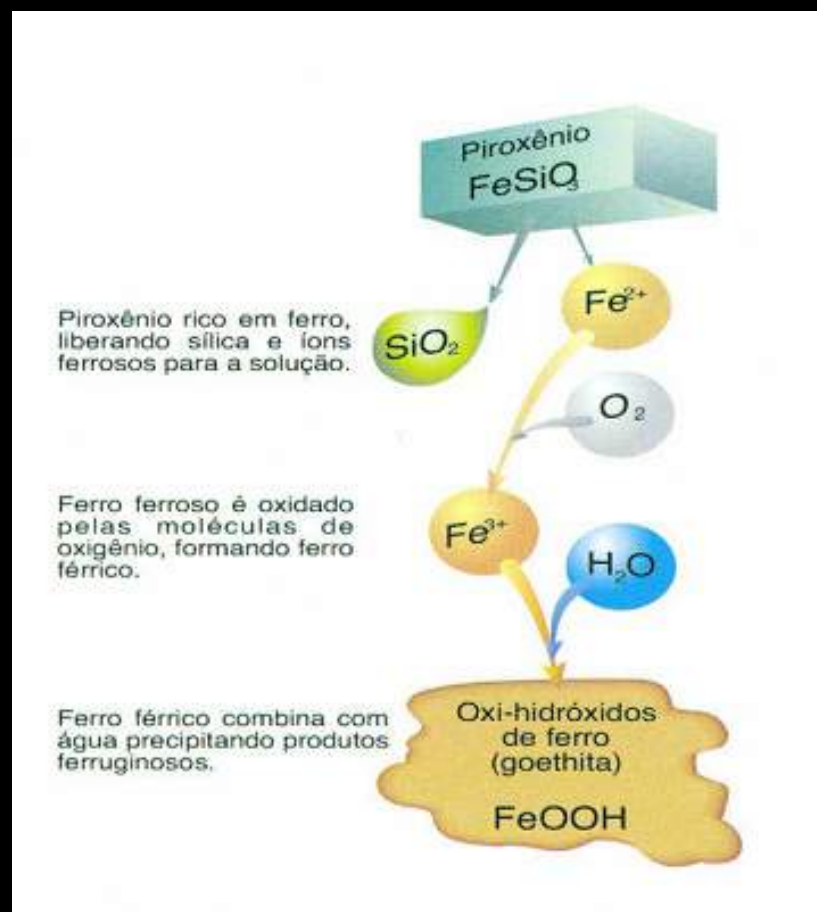
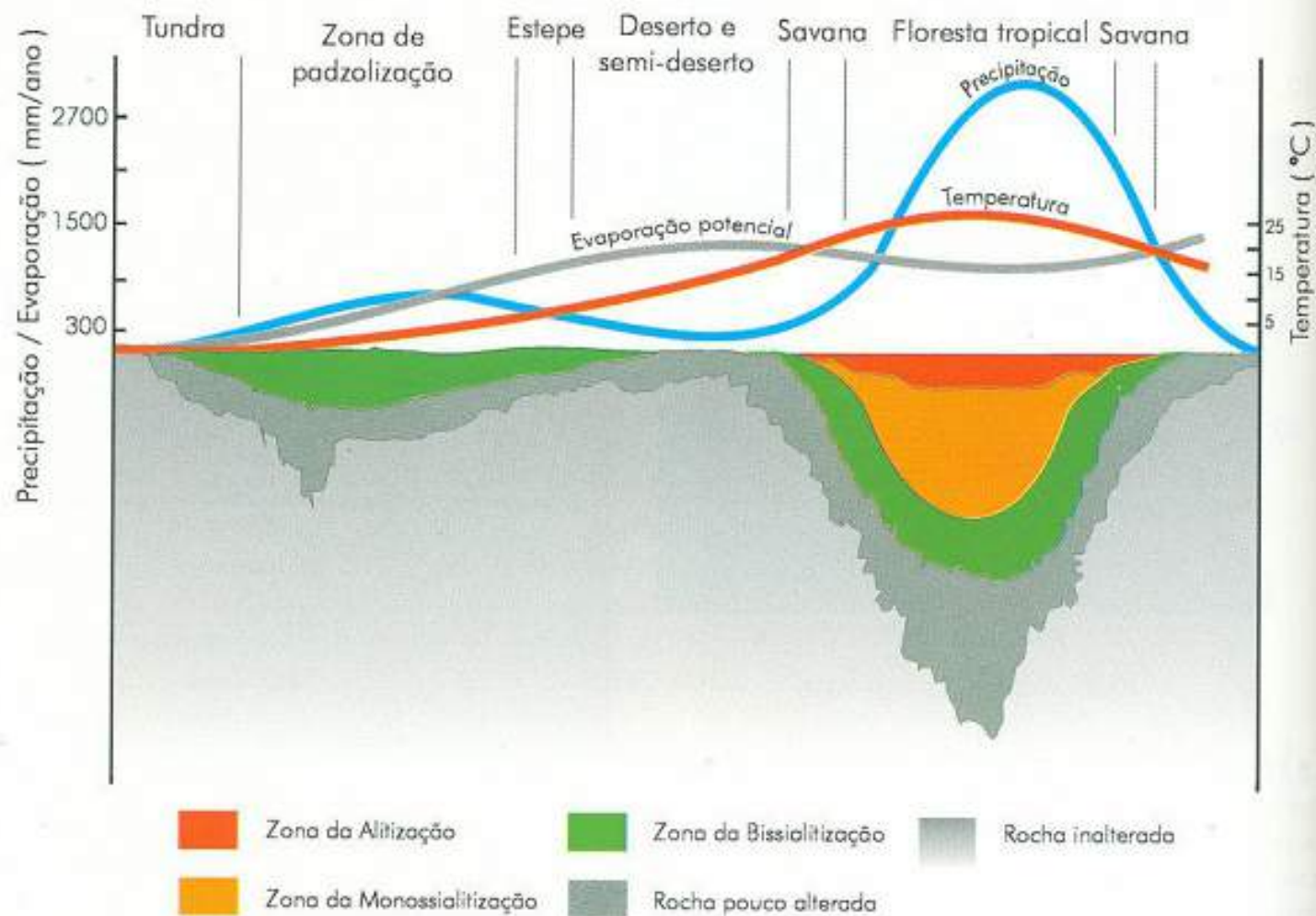


Fig. 8.11 A alteração intempérica de um mineral com Fe^{2+} resulta, por oxidação do Fe^{2+} para Fe^{3+} , na formação de um oxi-hidróxido, a goethita.

A reação de redução consiste em ganhar elétrons (redução do Nox)

Tabela 8.1 Série de Goldich: ordem de estabilidade frente ao intemperismo dos minerais mais comuns. Comparação com a série de cristalização magmática de Bowen.

ESTABILIDADE DOS MINERAIS	VELOCIDADE DE INTEMPERISMO	SÉRIE DE BOWEN
Mais estável	Menor	
Óxidos de ferro (hematita)		
Hidróxidos de alumínio (gibbsita)		Último a cristalizar
Quartzo		Quartzo
Argilominerais		
Muscovita		Muscovita
Ortoclásio		Ortoclásio
Biotita		
Albita		
Anfibólios		
Piroxênias		
Anortita		
Olivina		
Calcita		
Halita		
Menos estável	Maior	
		Primeiro a cristalizar



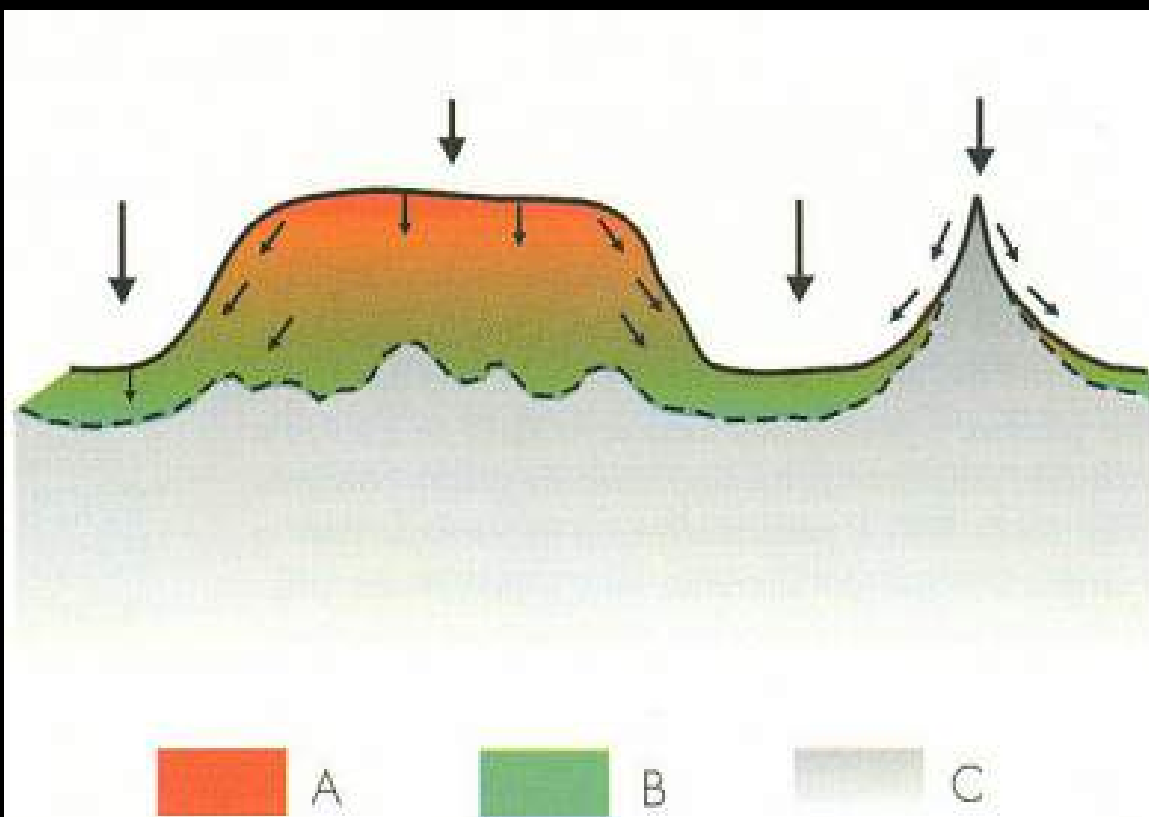


Fig. 8.21 Influência da topografia na intensidade do intemperismo.

Setor A: Boa infiltração e boa drenagem favorecem o intemperismo químico.

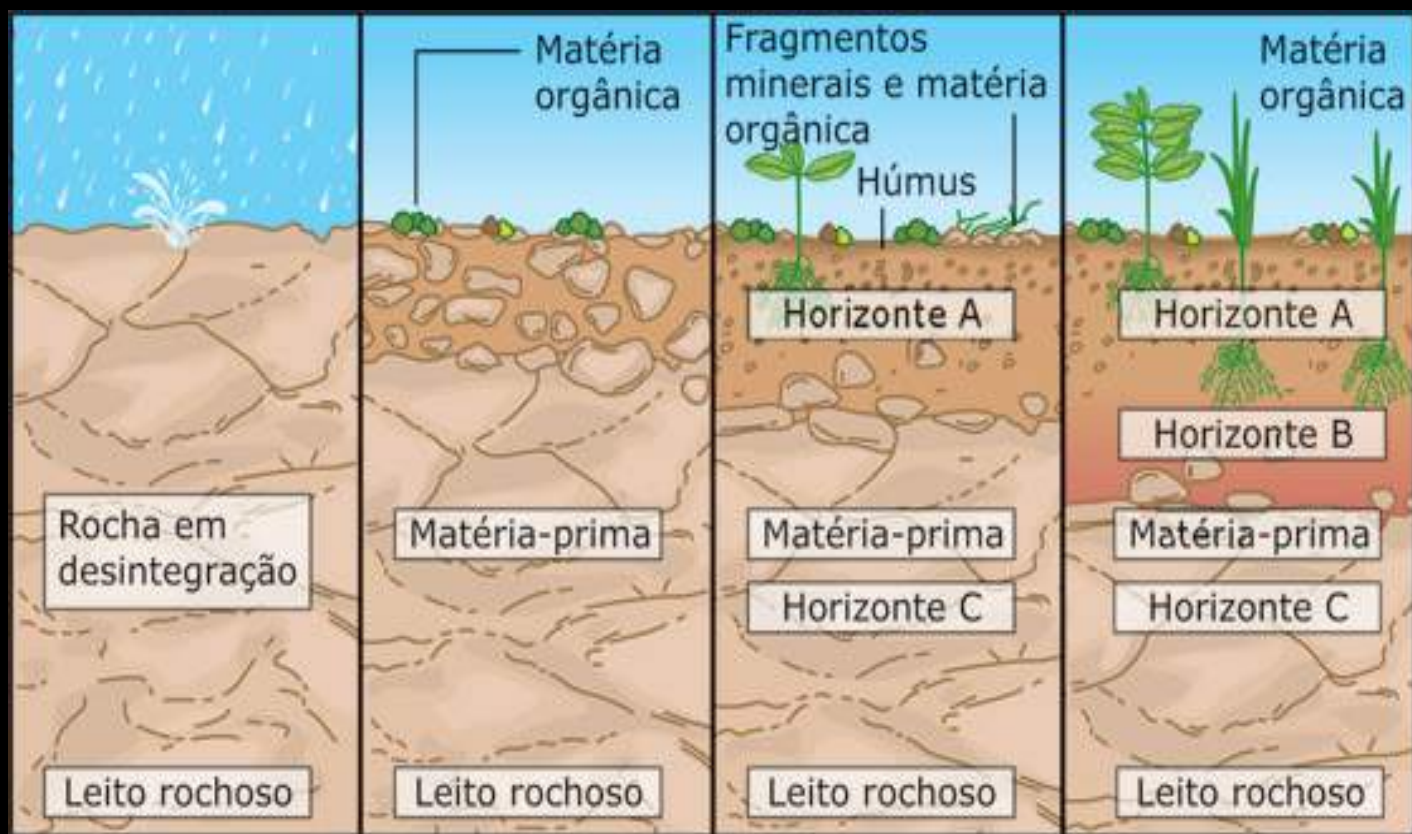
Setor B: Boa infiltração e má drenagem desfavorecem o intemperismo químico.

Setor C: Má infiltração e má drenagem desfavorecem o intemperismo químico e favorecem a erosão.

INTEMPERISMO

O intemperismo é o conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra

- **Produtos do intemperismo – sujeitos a outros processos – erosão, transporte, sedimentação**
- **Fatores que controlam o intemperismo**
 - **Clima – variação temperatura (extremos)**
 - **Relevo – regime de infiltração e drenagem das águas**
 - **Fauna e Flora – fornecem matéria orgânica p/ reações químicas**
 - **Material de origem – resistência diferenciada ao intemperismo**
 - **Tempo – exposição da rocha aos agentes intempéricos**



①

O leito rochoso começa a se desintegrar

②

A matéria orgânica facilita a desintegração

③

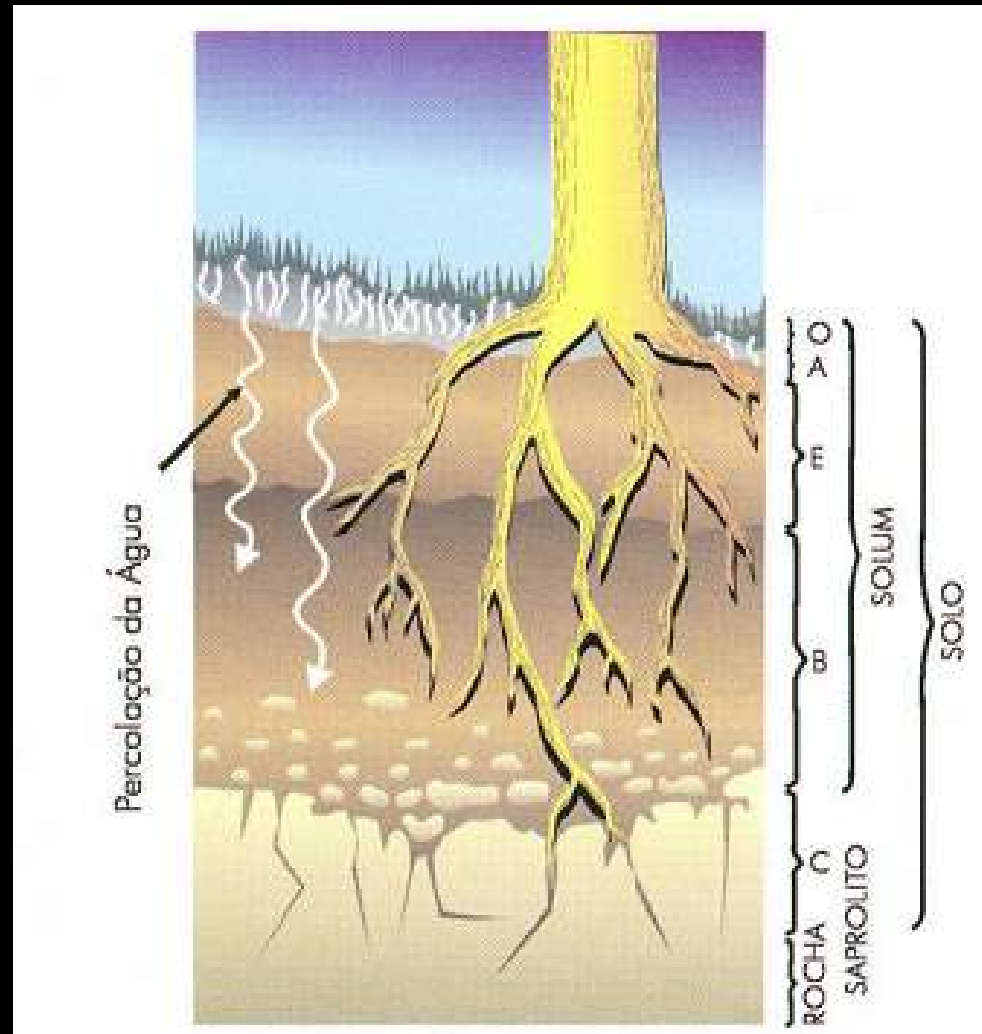
Formam-se os horizontes

④

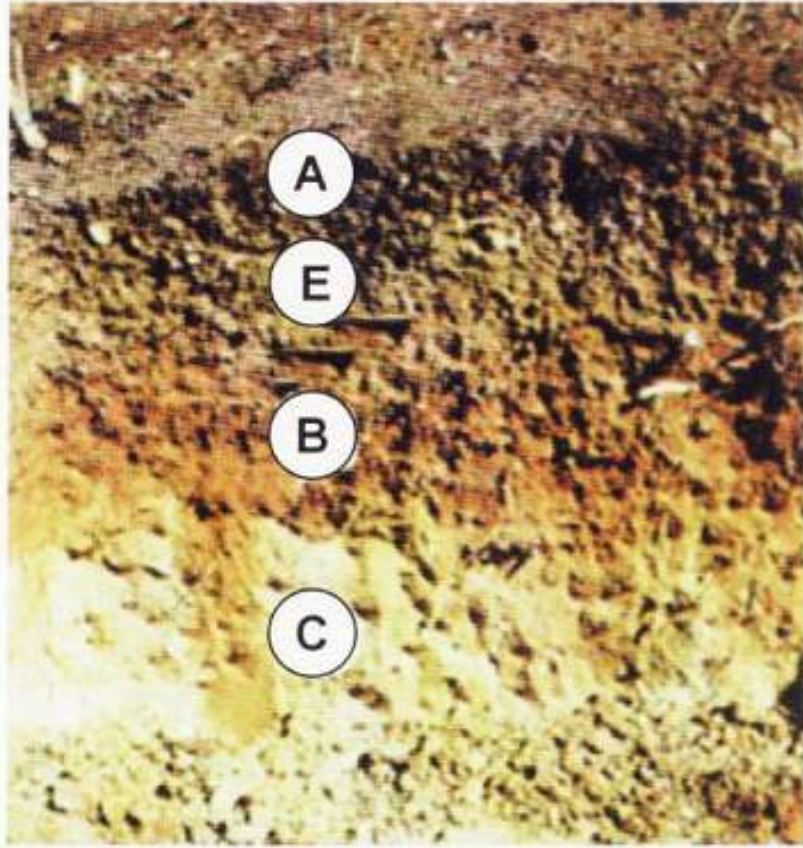
O solo desenvolvido sustenta uma vegetação densa



PERFIL DE SOLO



PERFIL DE SOLO



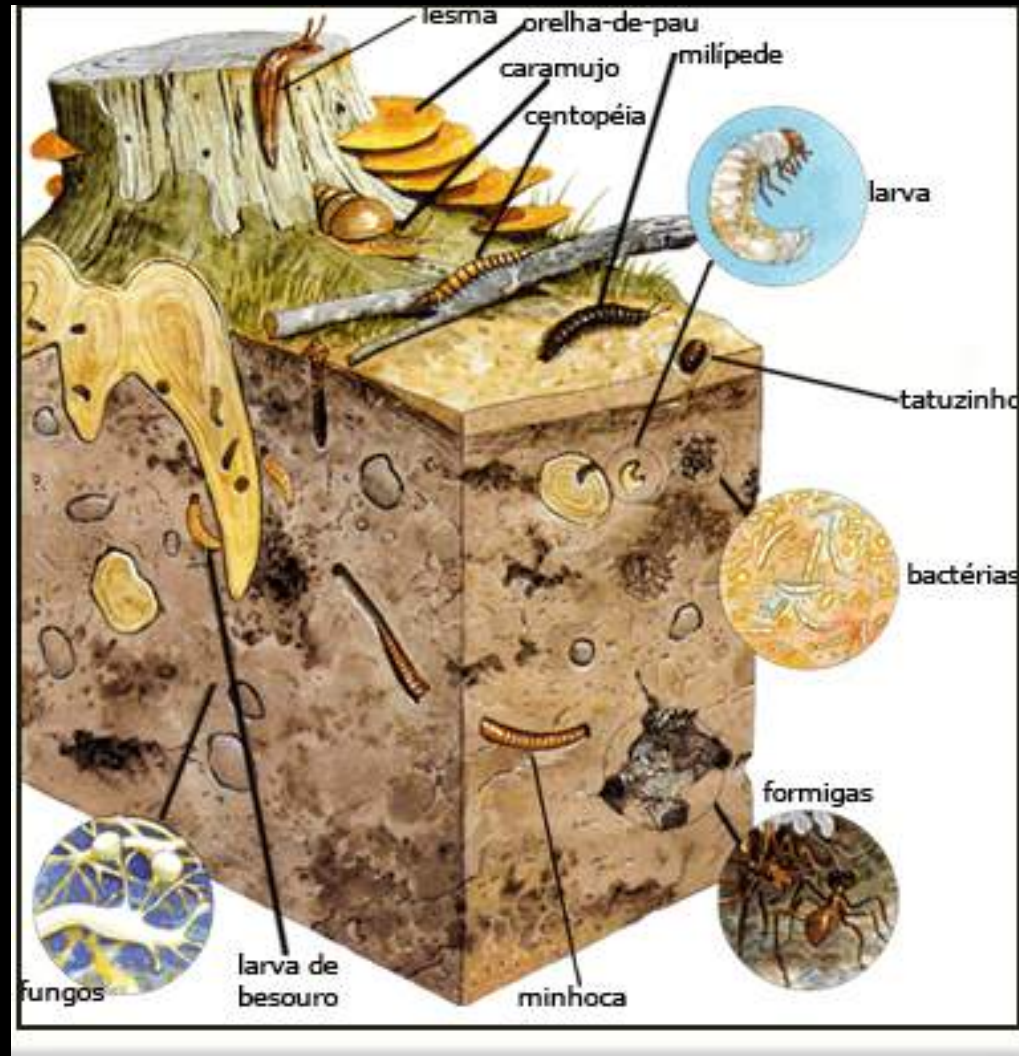
- C – Horizonte de rocha alterada (saprolito). Pode ser subdividido em saprolito grosseiro (parte inferior, onde as estruturas e texturas da rocha estão conservadas) e saprolito fino (parte superior, onde a herança morfológica da rocha não é mais reconhecida).
- B – Horizonte de acumulação de argila, matéria orgânica e oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio.
- E – Horizonte mais claro, marcado pela remoção de partículas argilosas, matéria orgânica e oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio.
- A – Horizonte escuro, com matéria mineral e orgânica e alta atividade biológica.
- O – Horizonte rico em restos orgânicos em vias de decomposição.

ESPODOSSOLO



Fotografia: Edson Araújo, novembro de 2013

SOLO: ORGANISMO VIVO



- Os processos intempéricos atuam através de mecanismos que modificam as propriedades físicas dos minerais e rochas (morfologia, resistência, textura, etc.) e suas características químicas (composição e estrutura cristalina)



TIPOS DE INTEMPERISMO

1. INTEMPERISMO QUÍMICO
2. FÍSICO-BIOLÓGICO OU QUÍMICO BIOLÓGICO (Organismos ou matéria orgânica participa do processo)
3. INTEMPERISMO FÍSICO

1 INTemperismo Físico

- Processos que causam desagregação das rochas, com separação dos grãos minerais antes coesos e com sua fragmentação, transformando a rocha inalterada em material descontínuo e friável
- Variações de temperatura ao longo do dia
 - expansão e contração térmica
- Congelamento da água nas fissuras das rochas

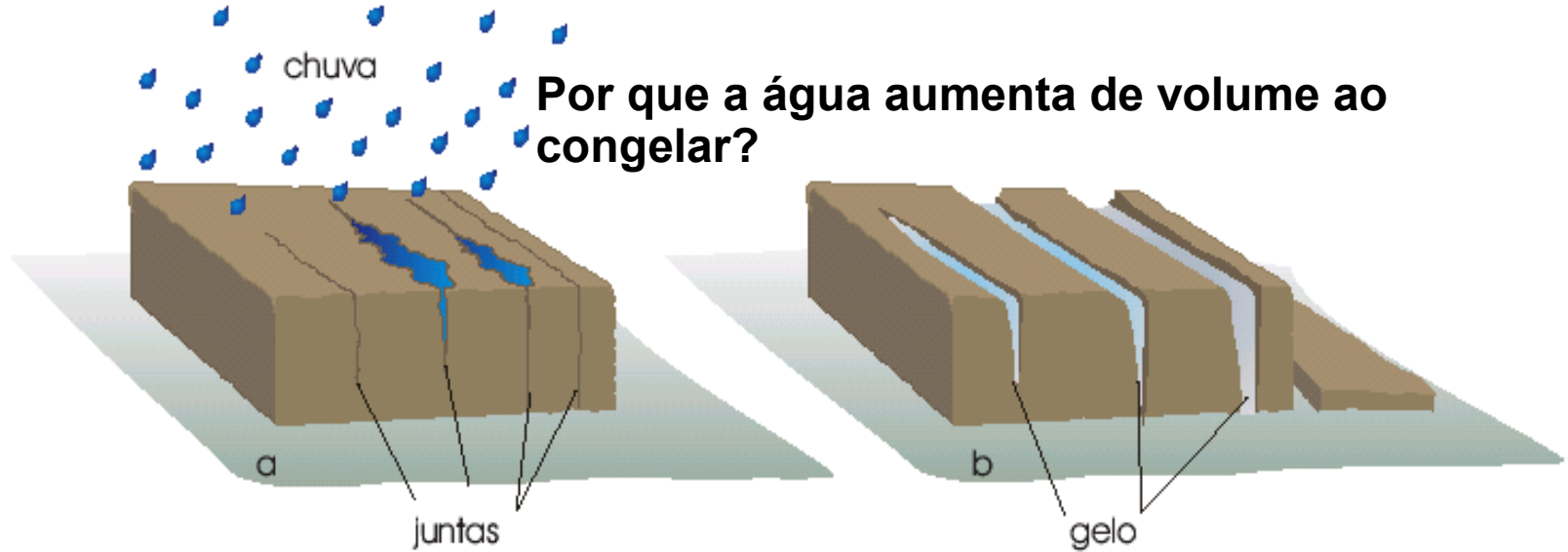
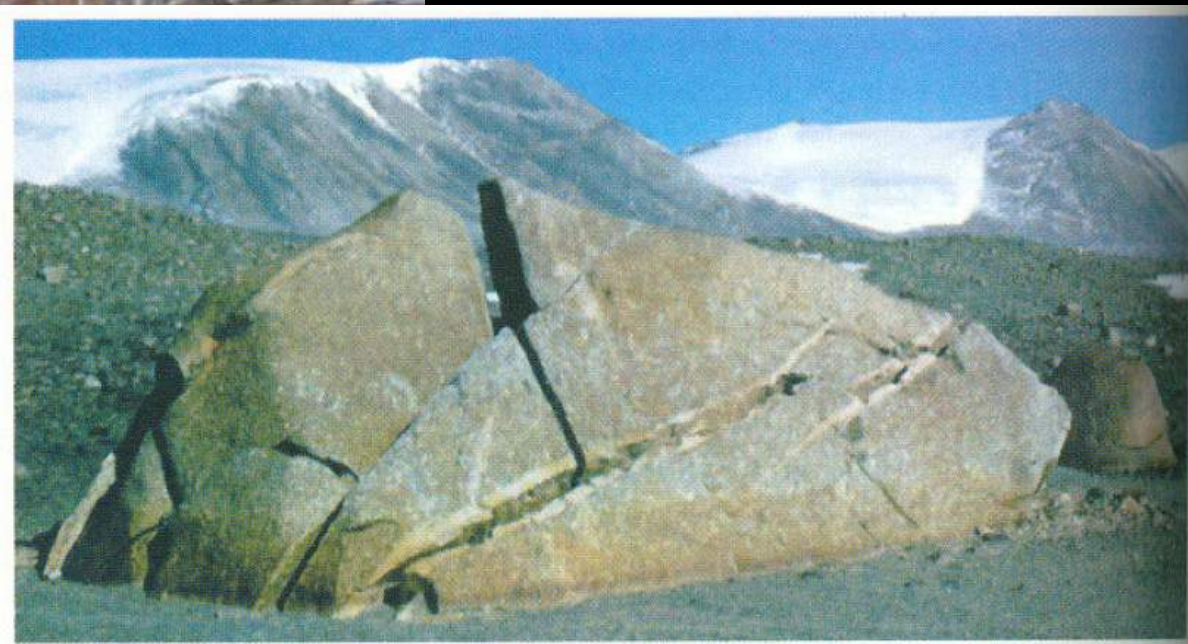
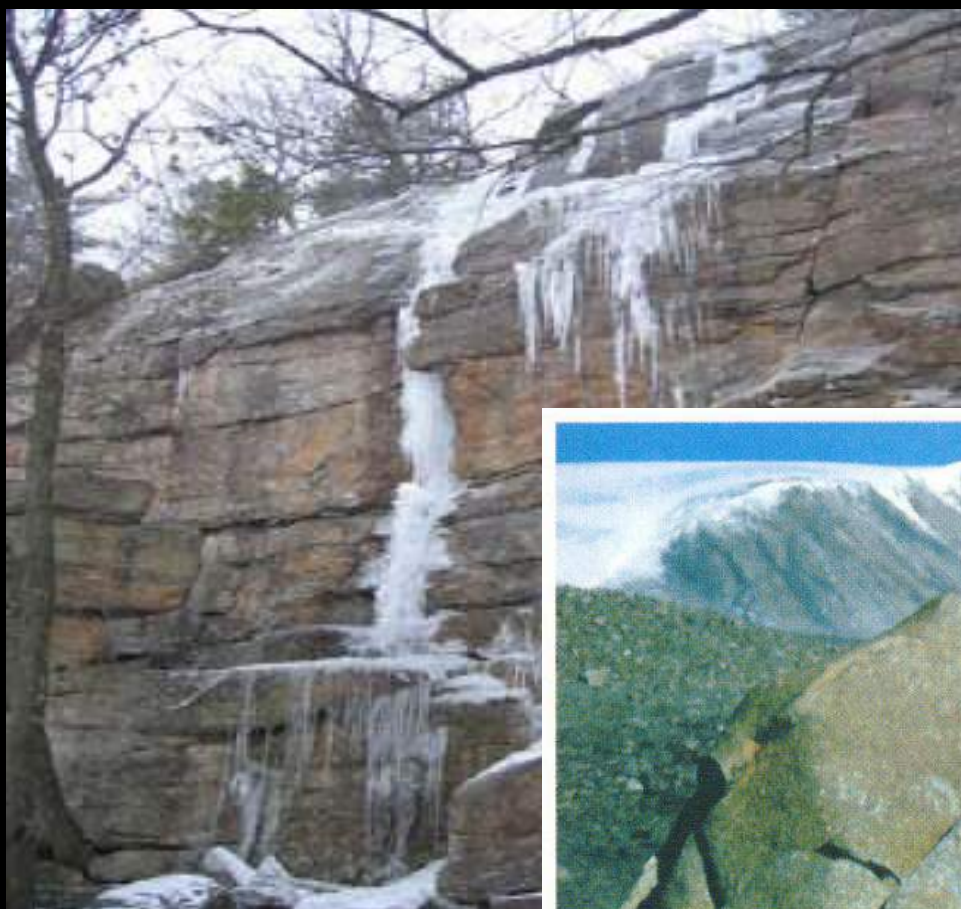


Fig. 8.2 Fragmentação por ação do gelo. A água líquida ocupa as fissuras da rocha (a), que posteriormente congelada, expande e exerce pressão nas paredes (b).

A água em estado líquido infiltra nas microfraturas da rocha ficando acumulada no interior e na superfície.

A redução da temperatura promove a solidificação da água que aumenta de volume em 9% aumentando a tensão interior da rocha.



Bloco de gnaiss fraturado pela ação do gelo nas fissuras (Antártica)



Fig. 8.5 Ação do crescimento de raízes, alargando as fissuras e contribuindo para a fragmentação das rochas. Foto: Alain Ruellan.



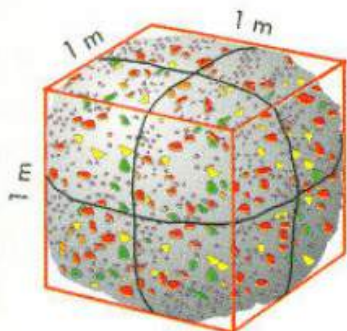
2 *INTemperismo Químico*

intemperismo químico ocorre quando a água transforma a composição mineral das rochas. Tais transformações ocorrem com intensidade variável, pois depende do grau de temperatura e umidade do local. De acordo com as condições do local, a água provoca grandes sulcos que podem atingir centenas de metros de profundidade

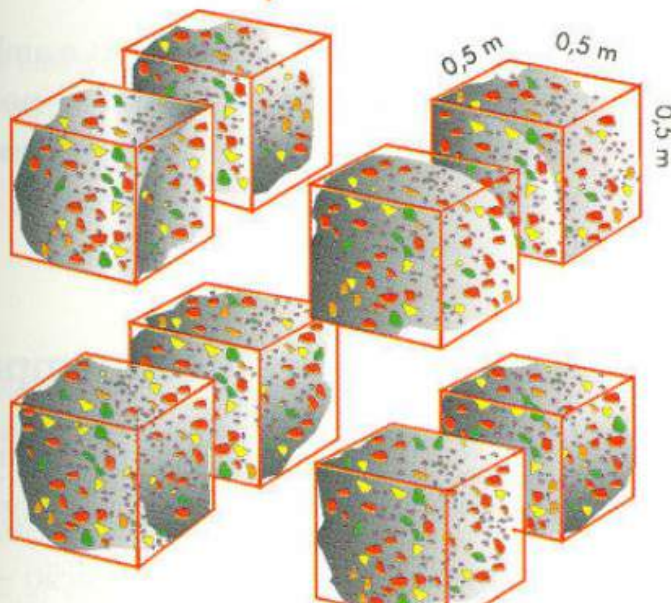
- Bloco único de aproximadamente
1 m de lado

- Volume = 1 m^3

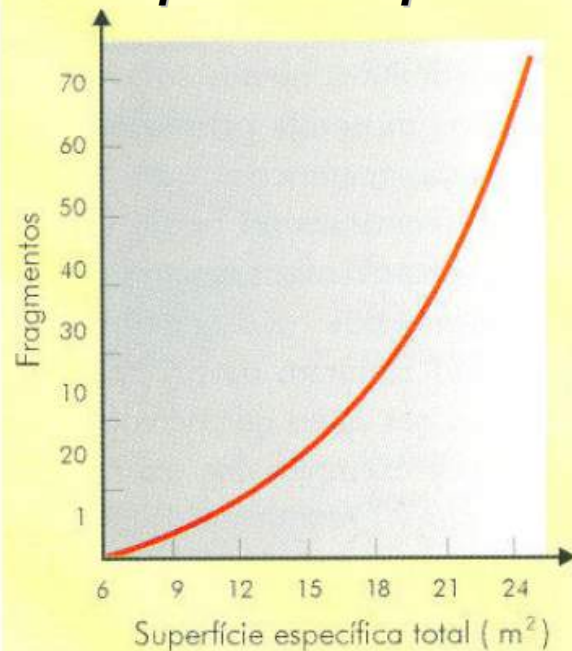
- Superfície específica = 6 m^2



Ruptura ao
longo de
fraturas



Superfície Específica



- 8 fragmentos, cada um
com aproximadamente
0,5 m de lado

- Volume = $(0,5)^3 \times 8 = 1 \text{ m}^3$

- Superfície específica = 12 m^2

Principal agente : água da chuva

As equações abaixo representam os equilíbrios de H_2O com CO_2 :



Reações do intemperismo

Mineral I + solução de alteração \rightarrow Mineral II + solução de lixiviação

Hidratação

Hidrólise (pH entre 5-9)

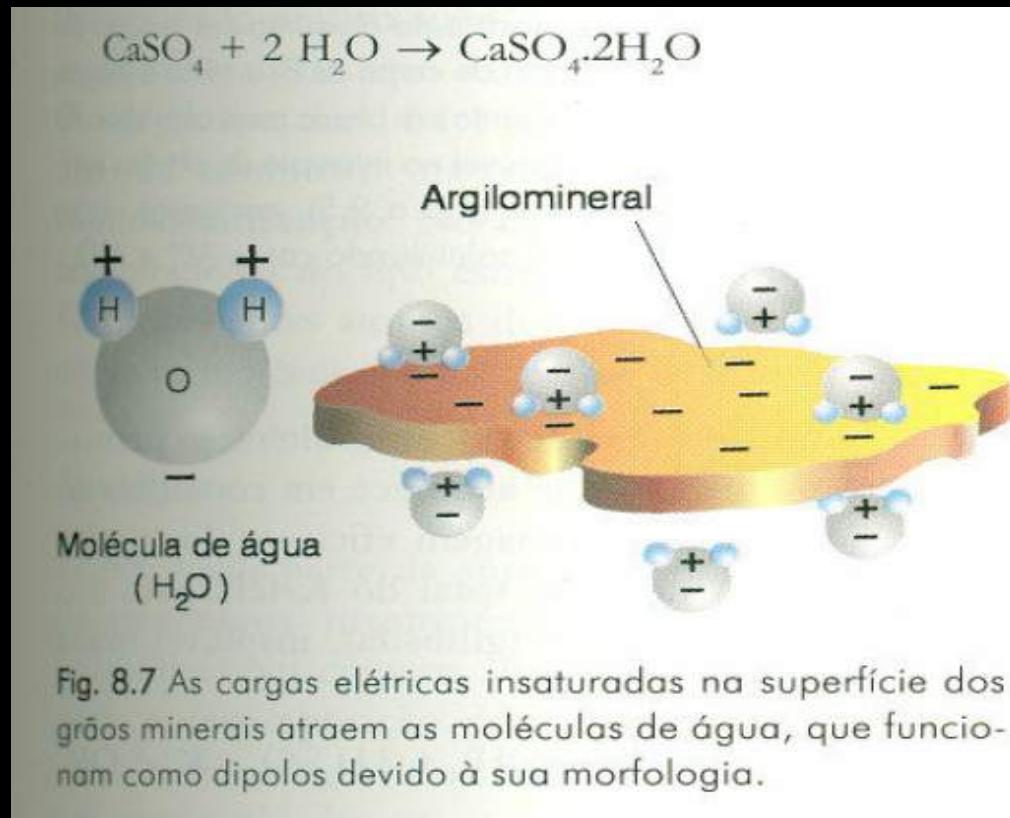
Dissolução

Oxidação

Acidólise (pH < 5)

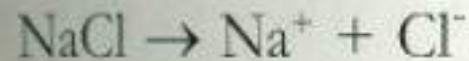
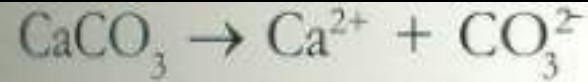
Hidratação

•



Dissolução

-

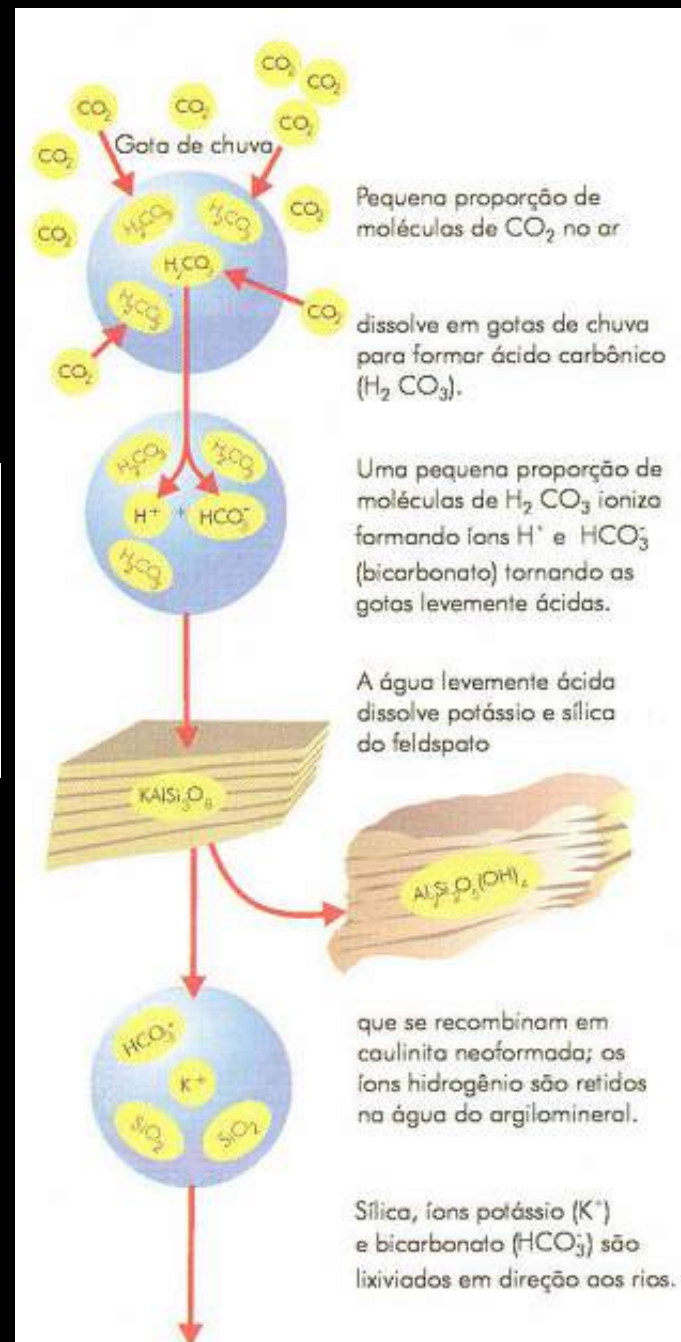


- **Ocorre em terrenos calcáreos – formação de relevo cárstico (cavernas dolinas)**

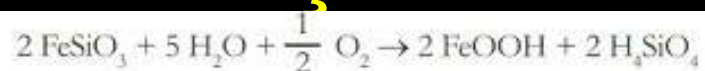


Hidrólise

Fig. 8.8 Alteração de um feldspato potássico em presença de água e ácido carbônico, com a entrada de H^+ na estrutura do mineral, substituindo K^+ . O potássio é totalmente eliminado pela solução de lixiviação e a sílica apenas parcialmente; a sílica não eliminada recombina-se com o alumínio também não eliminado, formando uma fase secundária argilosa (caulinita).



Oxidação



A goethita pode transformar-se em hematita por desidratação:



reação de oxidação ocorre a perda de elétrons (aumento de Nox)
o de redução consiste em ganhar elétrons (redução do Nox)

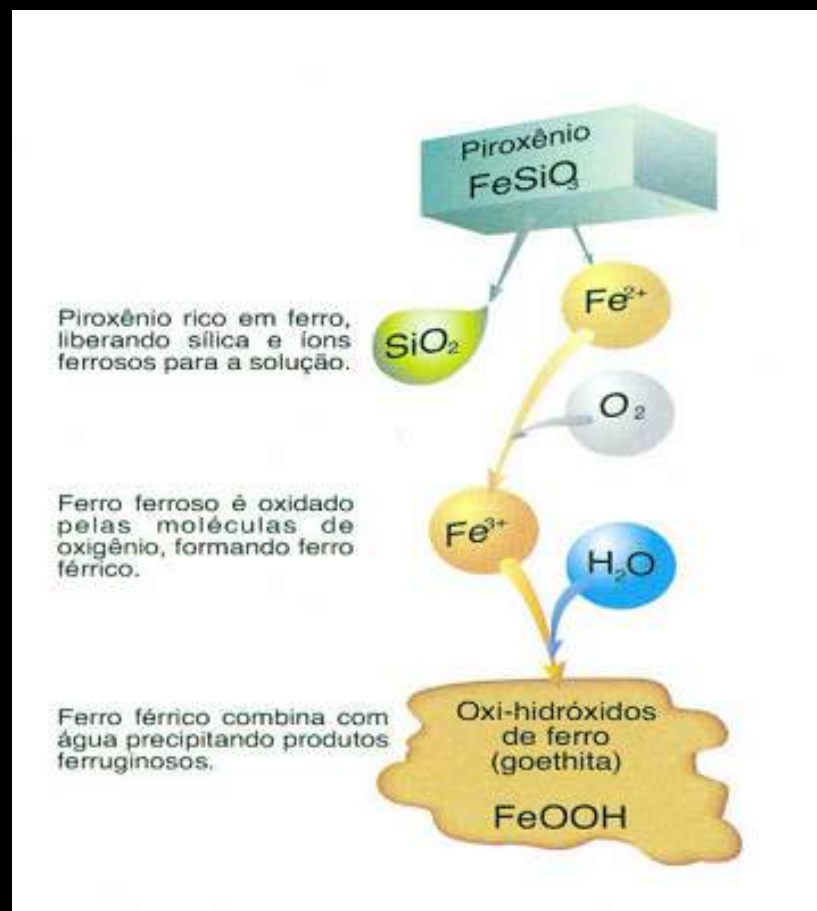


Fig. 8.11 A alteração intempérica de um mineral com Fe^{2+} resulta, por oxidação do Fe^{2+} para Fe^{3+} , na formação de um oxi-hidróxido, a goethita.

Tabela 8.1 Série de Goldich: ordem de estabilidade frente ao intemperismo dos minerais mais comuns. Comparação com a série de cristalização magmática de Bowen.

ESTABILIDADE DOS MINERAIS	VELOCIDADE DE INTEMPERISMO	SÉRIE DE BOWEN
Mais estável	Menor	
Óxidos de ferro (hematita)		
Hidróxidos de alumínio (gibbsita)		Último a cristalizar
Quartzo		Quartzo
Argilominerais		
Muscovita		Muscovita
Ortoclásio		Ortoclásio
Biotita		
Albita		
Anfibólios		
Piroxênias		
Anortita		
Olivina		
Calcita		
Halita		
Menos estável	Maior	
		Primeiro a cristalizar

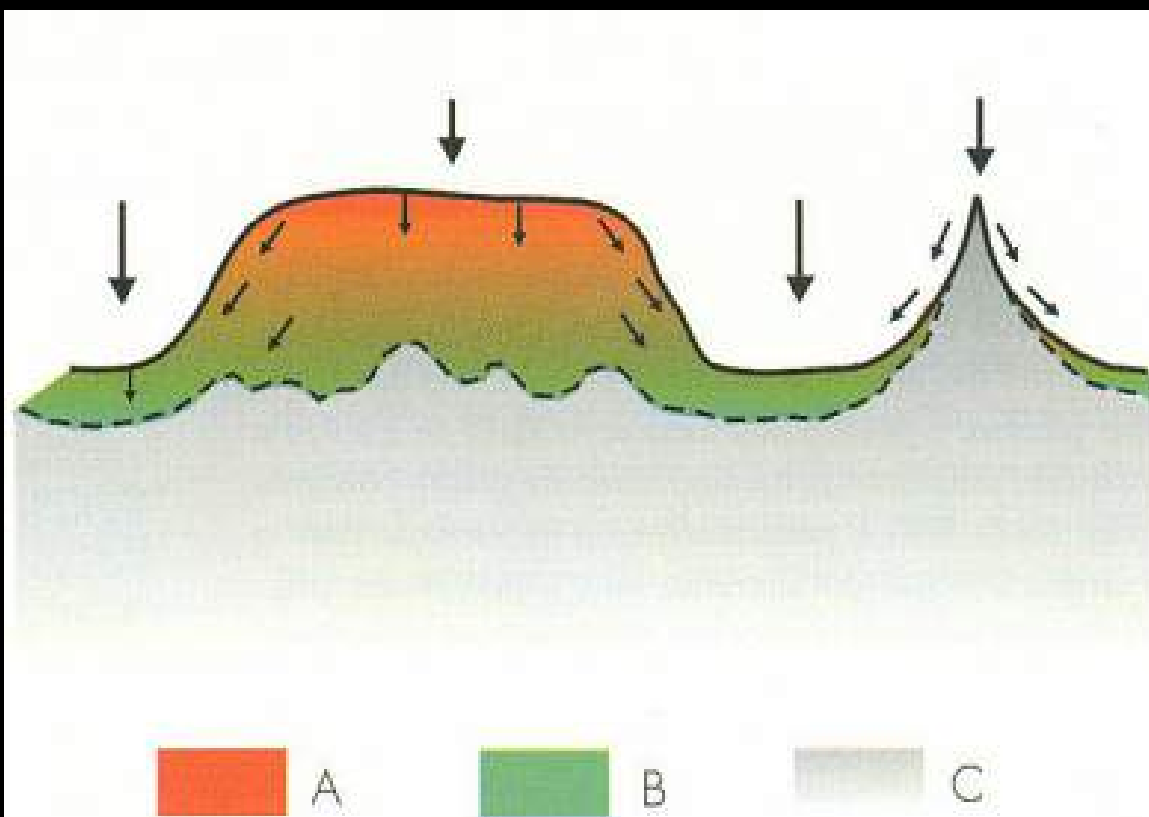


Fig. 8.21 Influência da topografia na intensidade do intemperismo.

Setor A: Boa infiltração e boa drenagem favorecem o intemperismo químico.

Setor B: Boa infiltração e má drenagem desfavorecem o intemperismo químico.

Setor C: Má infiltração e má drenagem desfavorecem o intemperismo químico e favorecem a erosão.

PROCESSOS DE FORMAÇÃO

Edson Alves de Araújo

Processos de Formação do Solo



```
graph TD; A[Processos de Formação do Solo] --> B[Processos Gerais]; A --> C[Processos Específicos]; B --> B1[1- Adição]; B --> B2[2- Remoção]; B --> B3[3-Translocação]; B --> B4[4-Transformação]; C --> C1[1-Latolização]; C --> C2[2-Podzolização]; C --> C3[3-Gleização]; C --> C4[4-Laterização]; C --> C5[5-Carbonatação]; C --> C6[6-Salinização]; C --> C7[7-Sodificação];
```

Processos Gerais

1- Adição

2- Remoção

3-Translocação

4-Transformação

Processos Específicos

1-Latolização

2-Podzolização

3-Gleização

4-Laterização

5-Carbonatação

6-Salinização

7-Sodificação

ADIÇÃO

Aporte de material do exterior do perfil ou do horizonte do solo

Vegetação
Sedimentação
Adubação
Chuva
Vento

Chernossolo



PERDA ou REMOÇÃO

Material é removido para fora do perfil

lixiviação

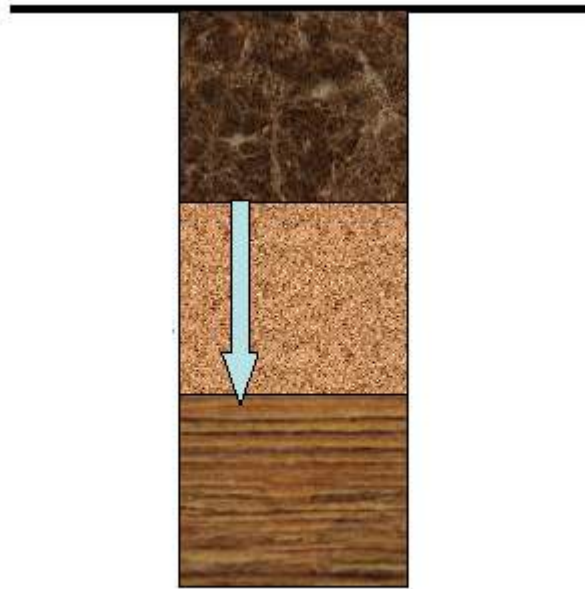


Latossolo



TRANSLOCAÇÃO

Material passa de um horizonte para outro, sem abandonar o perfil

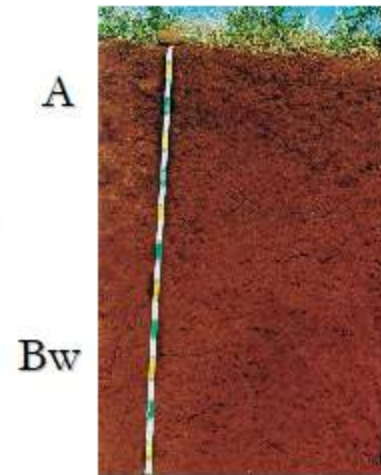
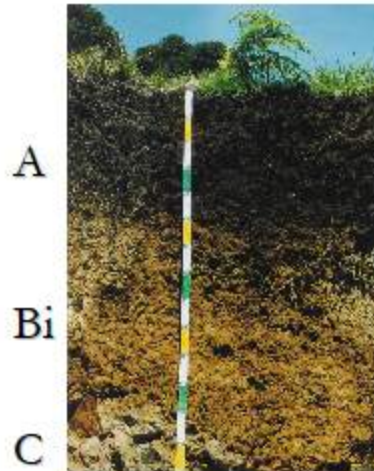
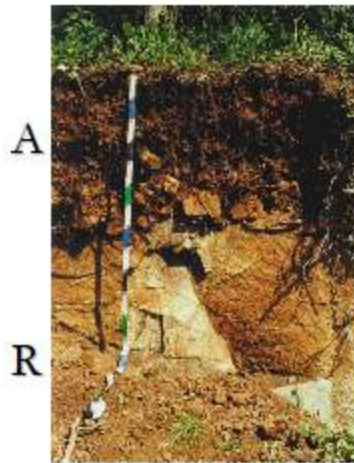


Argissolo



TRANSFORMAÇÃO

Mudança de natureza química ou mineralógica



Processos Específicos

LATOLIZAÇÃO OU FERRALITIZAÇÃO

Intemperismo químico muito intenso

Lixiviação de bases

Lixiviação de Si

Acumulação de Fe e Al

Origina solos ricos em caulinita/ou óxidos de Fe e Al

Perfil geralmente profundo e homogêneo, coloração uniforme.

Solos resultantes: **Latossolos e Nitossolos**



PODZOLIZAÇÃO

Translocação de material do horizonte A e E para o B

a) Translocação de argila no perfil

Perda no A e E (Eluviação)

Ganho no B (Iluviação) – B textural

b) Translocação de MO e compostos de Fe e Al

Perda no A e E

Ganho no B – B Espódico (B podzol)



GLEIZAÇÃO

Ambiente de redução (saturação por água)



**Origina solos
acinzentados, azulados e
esverdeados**

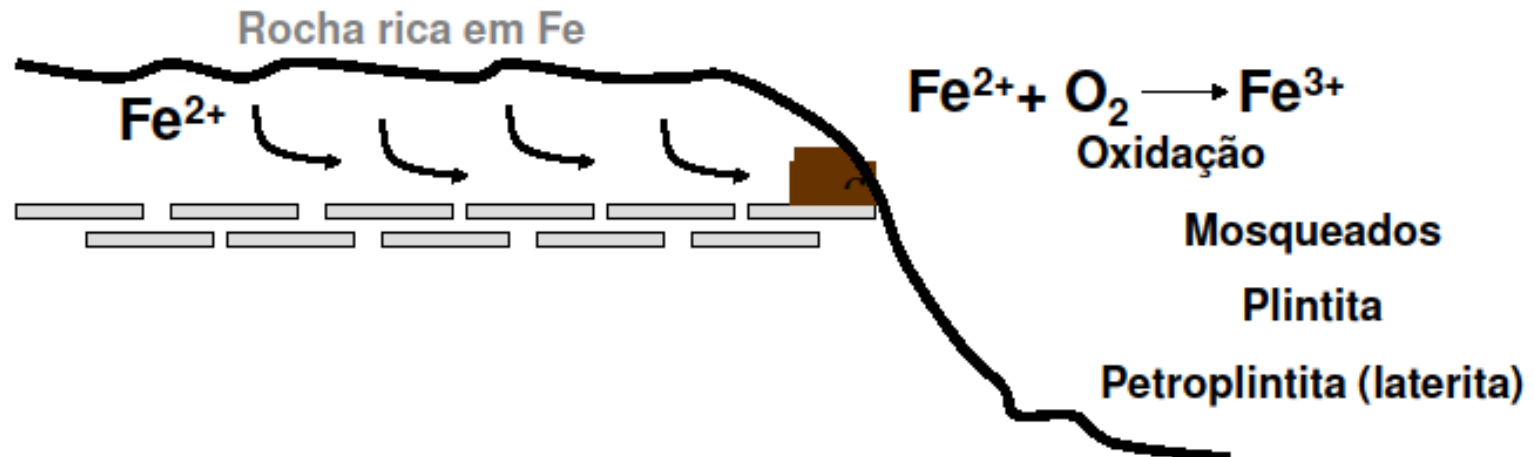


LATERIZAÇÃO

Lembra Laterita = Tijolo

Hidrólise e Liberação do Fe

Transporte e acumulação



Exemplo de Classe de Solos
PLINTOSSOLOS



CALCIFICAÇÃO ou Carbonatação

Lembra Carbonato de Cálcio (CaCO_3)

Deslocamento de CaCO_3 no perfil e sua acumulação

Condições:

Precipitação não suficiente para remover os carbonatos

Acúmulo de matéria orgânica (pode formar A chenzênico)

São solos com caráter carbonático (horizonte cálcico)

Classes de Solos:

PLANOSSOLO NÁTRICO Carbonático