

# DINÂMICA EXTERNA

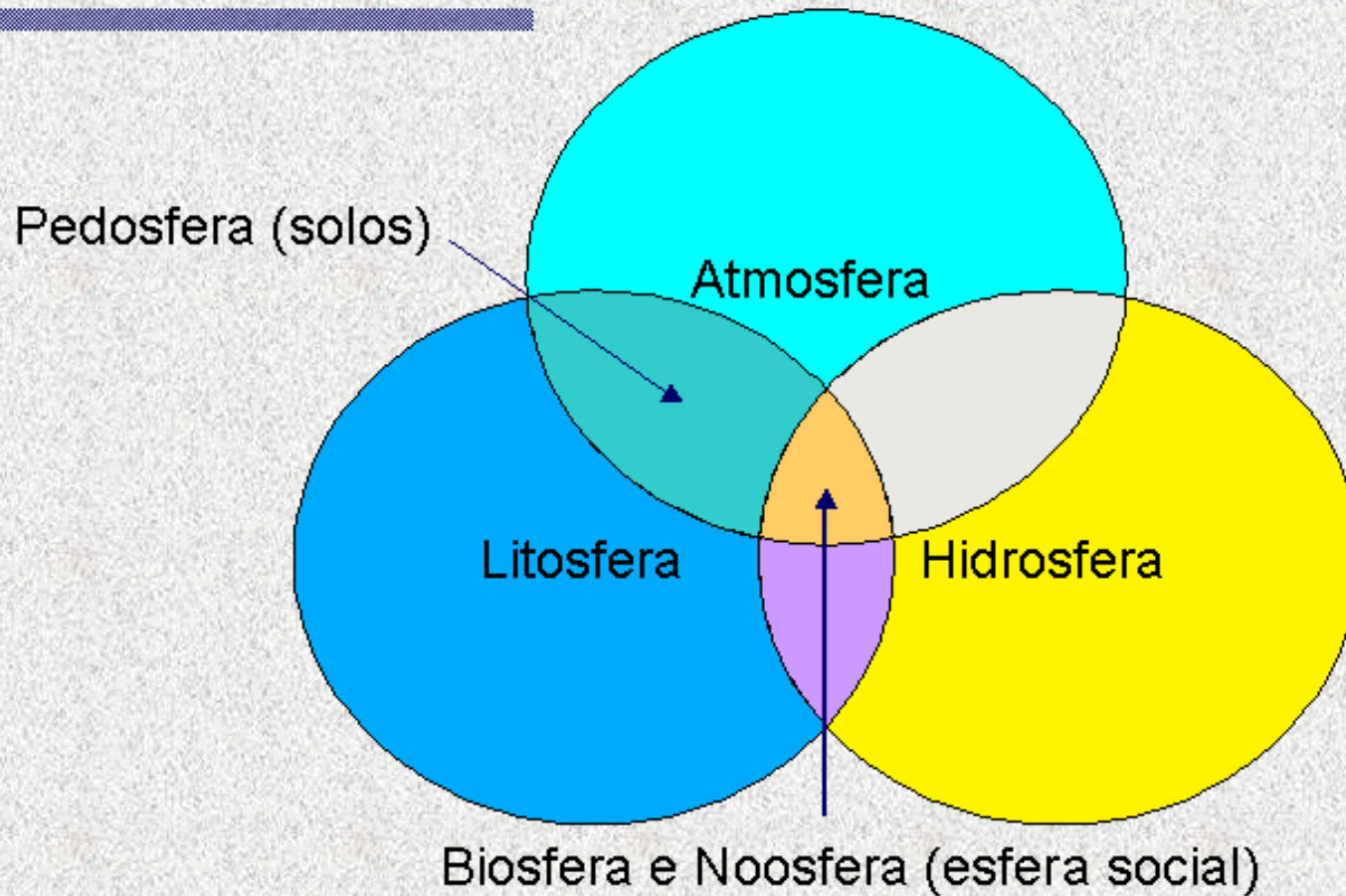
Intemperismo, Erosão, Sedimentação,  
Diagênese, Agentes de Erosão, Interação  
entre Atmosfera, hidrosfera, biosfera.  
Evolução de Paisagens



# Intemperismo e erosão



# Esferas terrestres

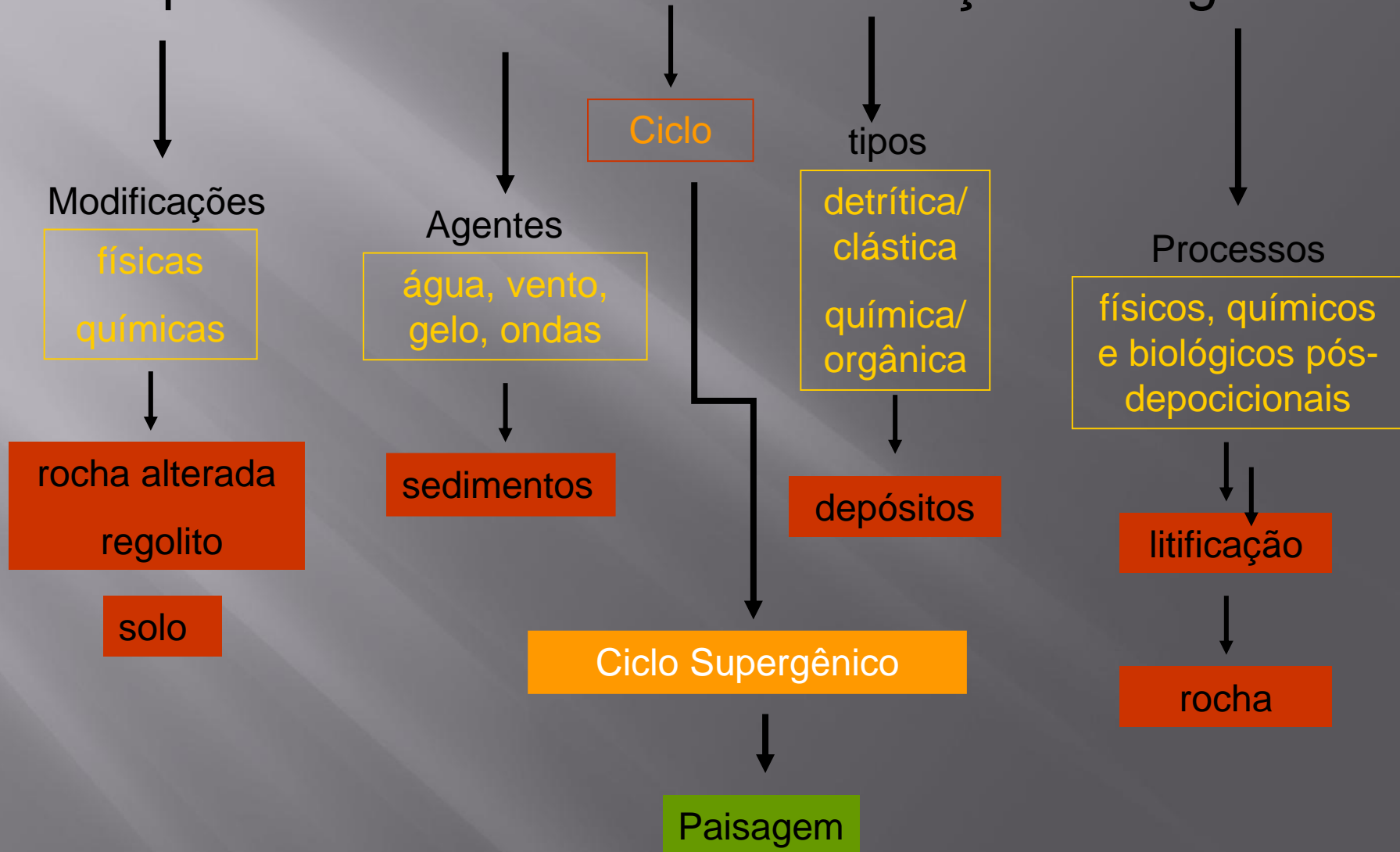


- Intemperismo: processo geral pelo qual as rochas são destruídas na superfície da Terra.
- Todos os solos, argilas e substâncias dissolvidas carregadas pelos rios para os oceanos são produto do intemperismo.



# Dinâmica Externa

Intemperismo – Erosão - Sedimentação - Diagênese



# Dinâmica Externa

## Intemperismo

Processo de modificações **físicas** (desgragação) e **químicas** (decomposição) atuantes nas rochas aflorantes na superfície da Terra

### Fatores de Controle de Ação

Clima



Variação Sazonal, temperatura, chuvas, calor

Relevo



Disposição das vertentes, regime de infiltração

Tempo



Exposição aos agentes

Biológico

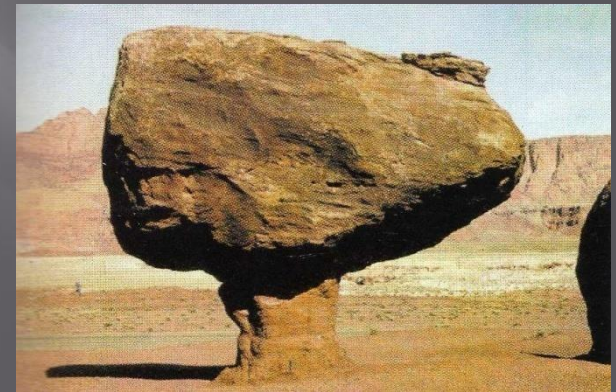


Fauna e Flora

Material de origem



Rocha



Fonte: Teixeira et al. (2000)

# Dinâmica Externa

## Intemperismo Físico

*Físico ou Mecânico* → envolve processos que conduzem à desagregação da rocha.

Principais  
Agentes

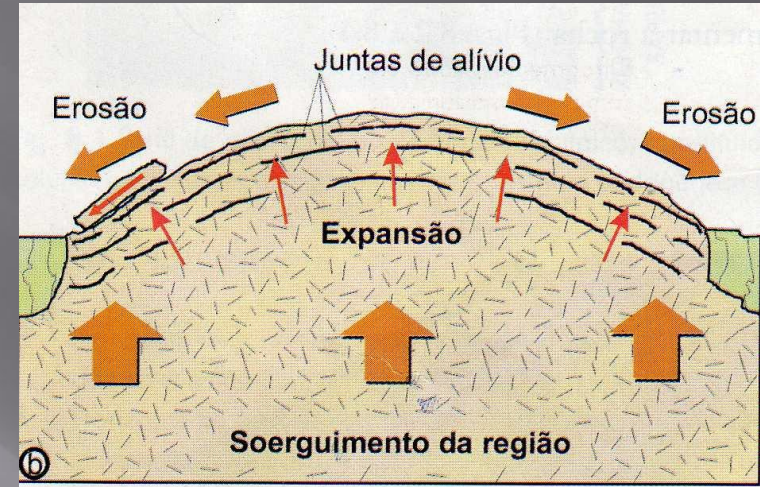
- Variação de temperatura: termoclastia - dilatação de minerais
- Cristalização de sais: em poros e fissuras e congelamento (crioclastia)
- Alívio de pressão: alívio de peso, fendilhamento
- Atividades físico-biológicas: ação mecânica das raízes e de organismos

# Dinâmica Externa

## Intemperismo Físico



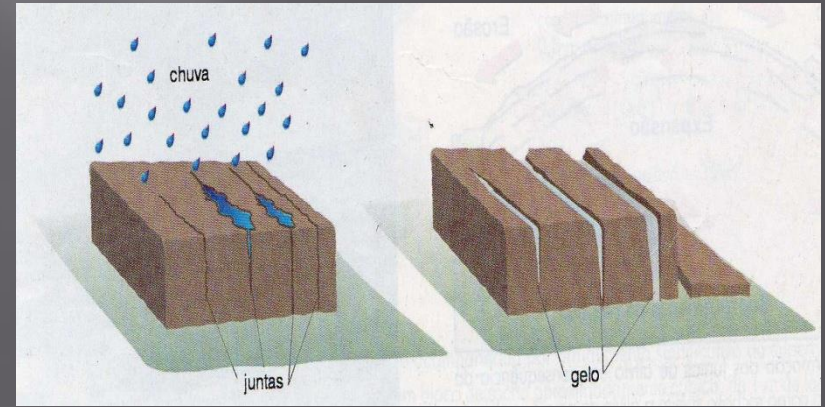
Ação físico-biológica: raízes



Alívio de pressão



Crioclastia-termocrastia



Cristalização de sais











# Dinâmica Externa

## Intemperismo Químico

Químico → envolve processos que conduzem  
ao desequilíbrio e a alteração dos minerais das rochas



Principais processos: reações químicas → Fator Importante : Clima

Principais agentes: *água de infiltração levemente ácida*

Água + Gás carbônico + colóides



Quimicamente ativa

Reações Químicas: Água + substâncias dissolvidas + Minerais

Equações:

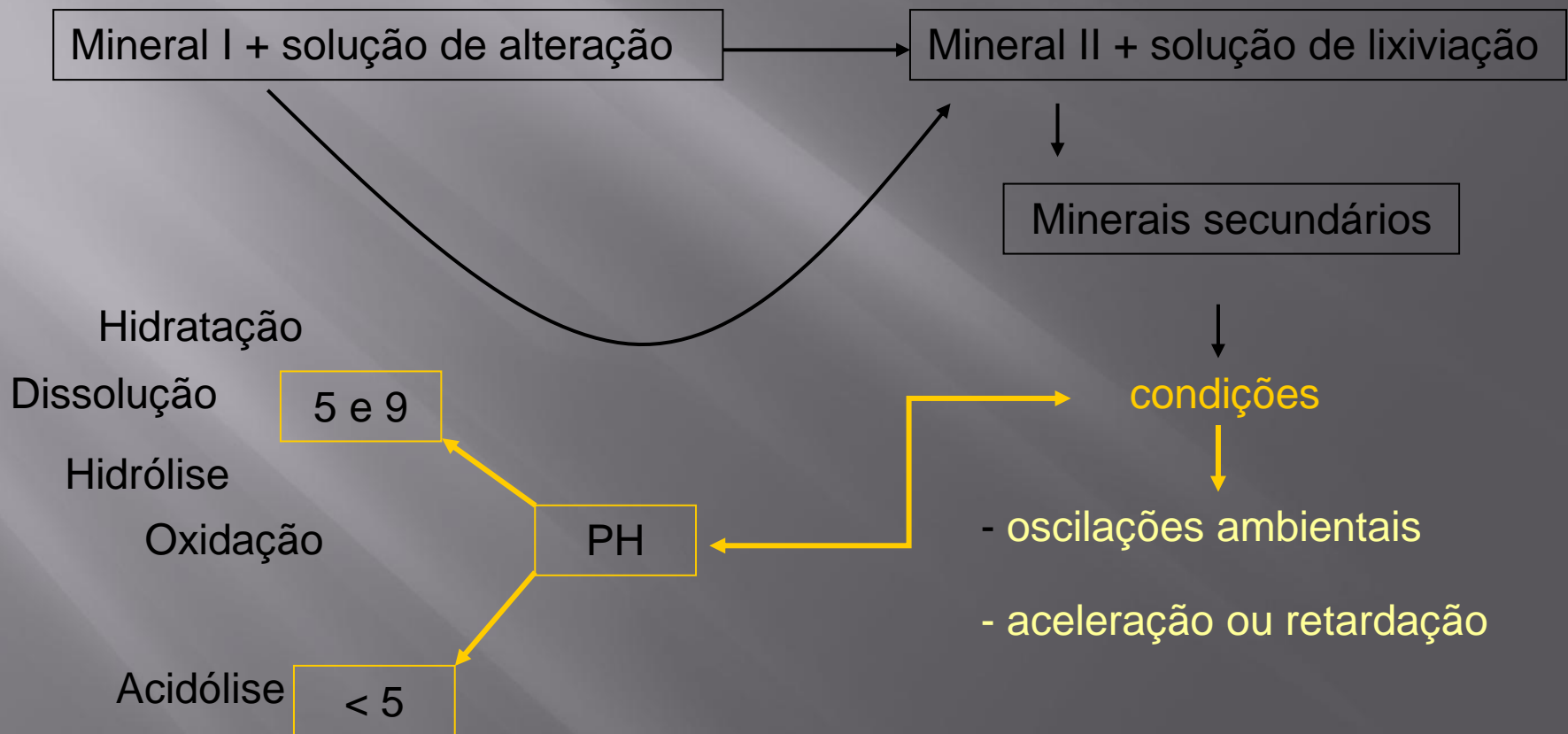


C proveniente da atmosfera

# Dinâmica Externa

## Intemperismo Químico

Reações do intemperismo químico: Fórmula genérica



# Dinâmica Externa

## Intemperismo Químico

**Hidratação:** Molécula de água entra na estrutura do mineral  
Exemplo: transformação da anidrita em gipso



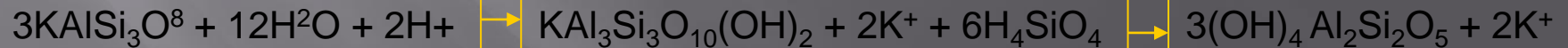
**Dissolução:** Solubiloização completa  
Exemplo: calcita e halita

→ Ambientes cársticos



**Hidrólise:** Quebra da estrutura do mineral ação dos íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  dissociados da água. Cresce com a temperatura e ácidos.

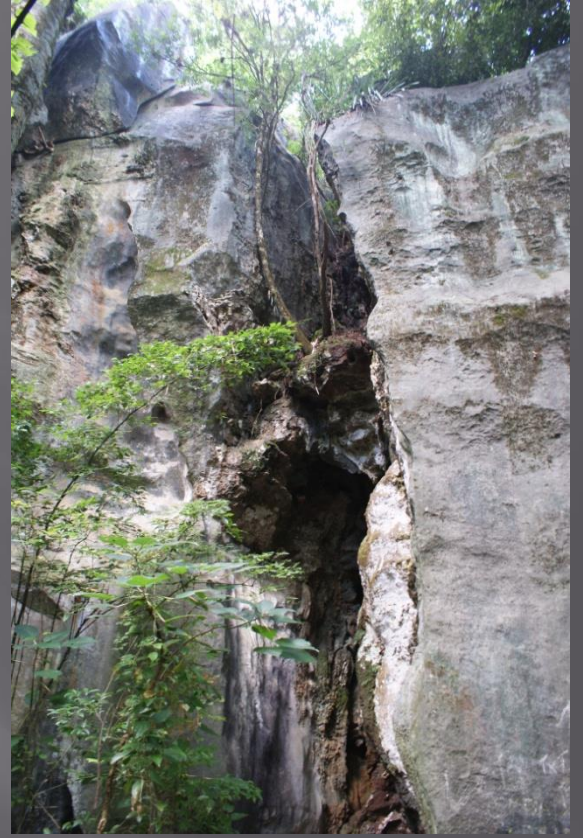
Exemplo: alteração de feldspatos



Ortoclásio

Ilita

Caolinita





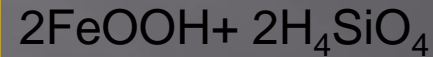
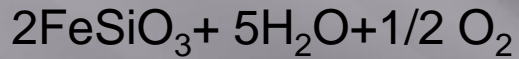


# Dinâmica Externa

## Intemperismo Químico

### Oxidação:

Processo inicial e mais comum  $Fe^{++}$ .  $Fe^{+++}$   
Evidência: coloração avermelhada e amarelada  
Ambientes oxidantes. Exemplo: Piroxênio para Goethita



Coberturas intempéricas



Lateritas



Formações superficiais: óxi-hidróxidos de Fe, Al e Caulinita

### Redução:

Processo inverso à oxidação.  $Fe^{++}$  mantém-se na forma estável. Ambientes redutores.

### Acidólise:

Complexação de Fe e Al. Ambientes frios, com pouca decomposição de MO. Solos com minerais primários insolúveis.

# Dinâmica Externa

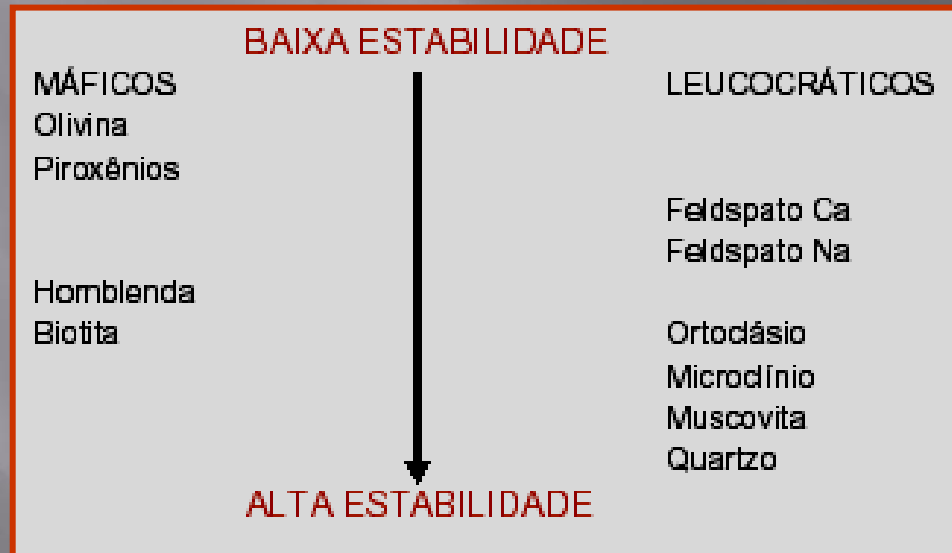
## Intemperismo

Químico-Biológico



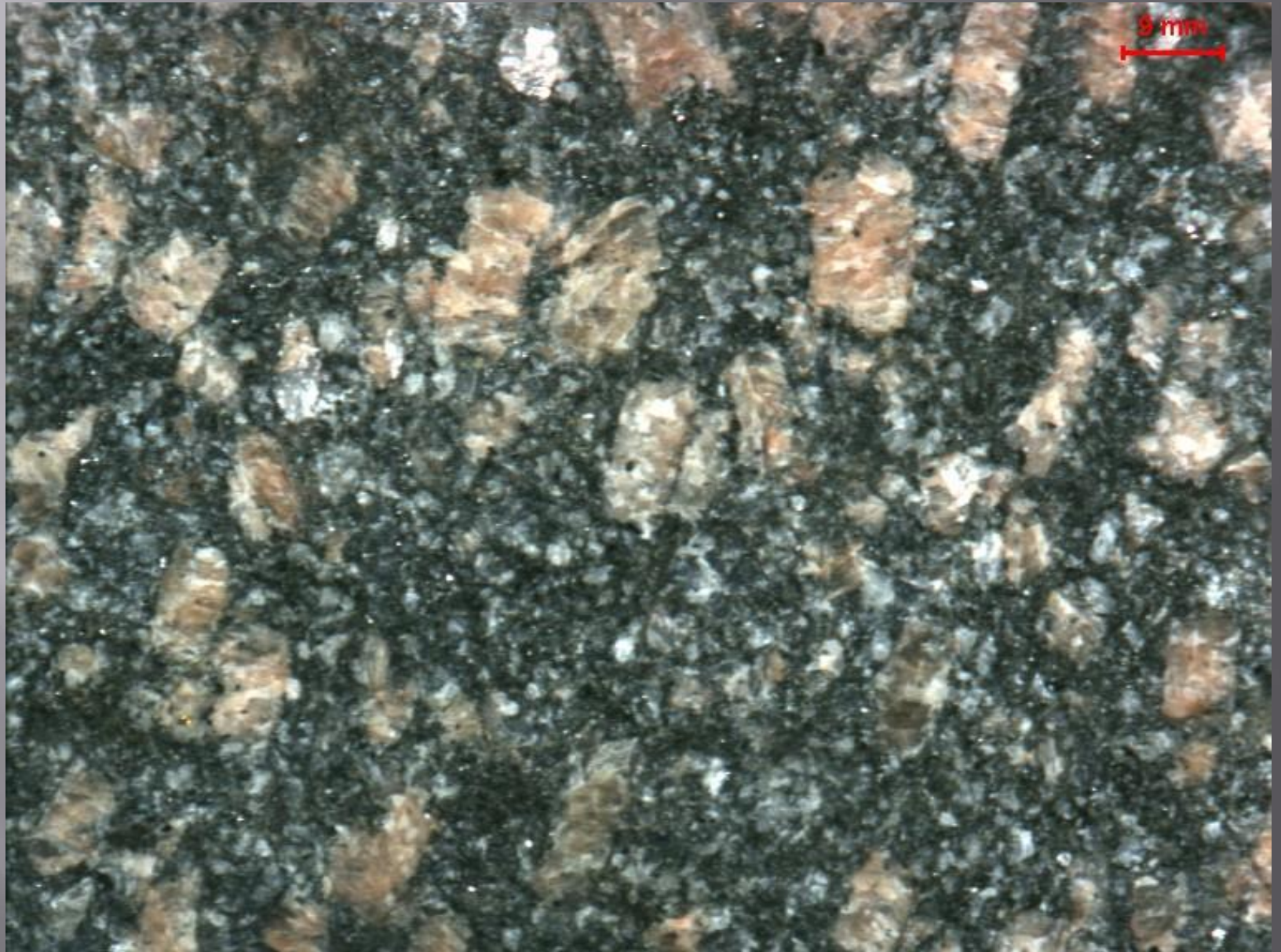
Liberação de substâncias, ação de microorganismos, plantas e tecidos animais e vegetais.

Estabilidade ao intemperismo químico de diferentes minerais (série de Goldich)



**Resíduos:** minerais resistentes ao intemperismo e produtos do intemperismo (argilominerais, óxidos de Fe e Al, sílica).

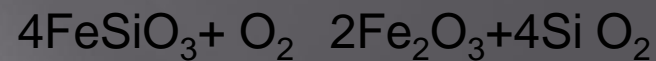
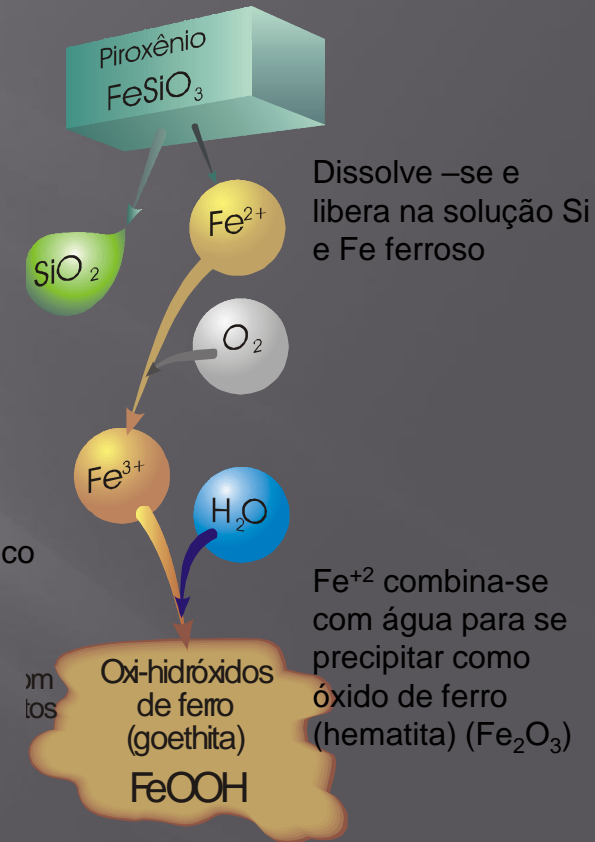
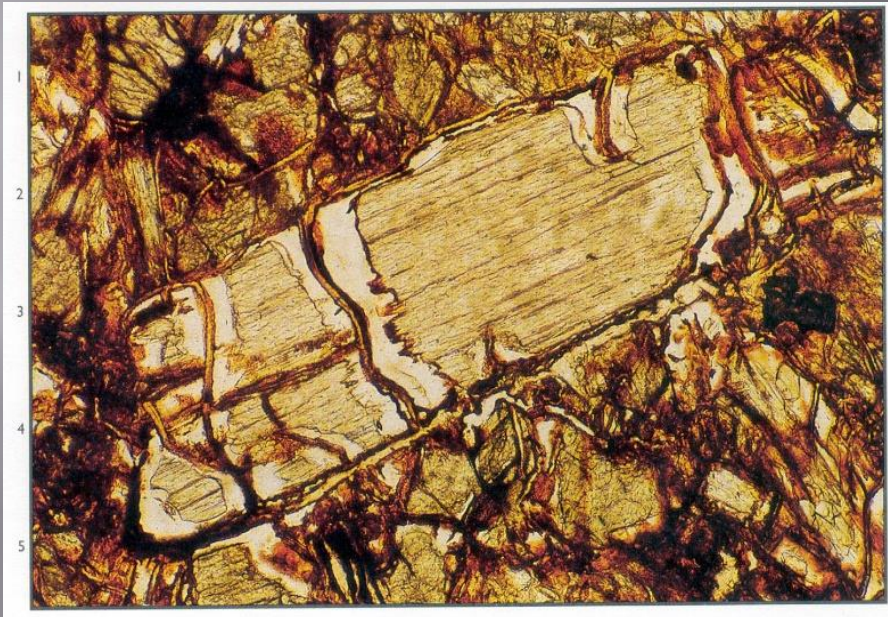
**Precipitados :** óxidos, sais, sílica coloidal



GRANITO - rocha intrusiva, ácida, maciça, porfirítica, matriz fanerítica.



# INTEMPERISMO DE PIROXÊNIO



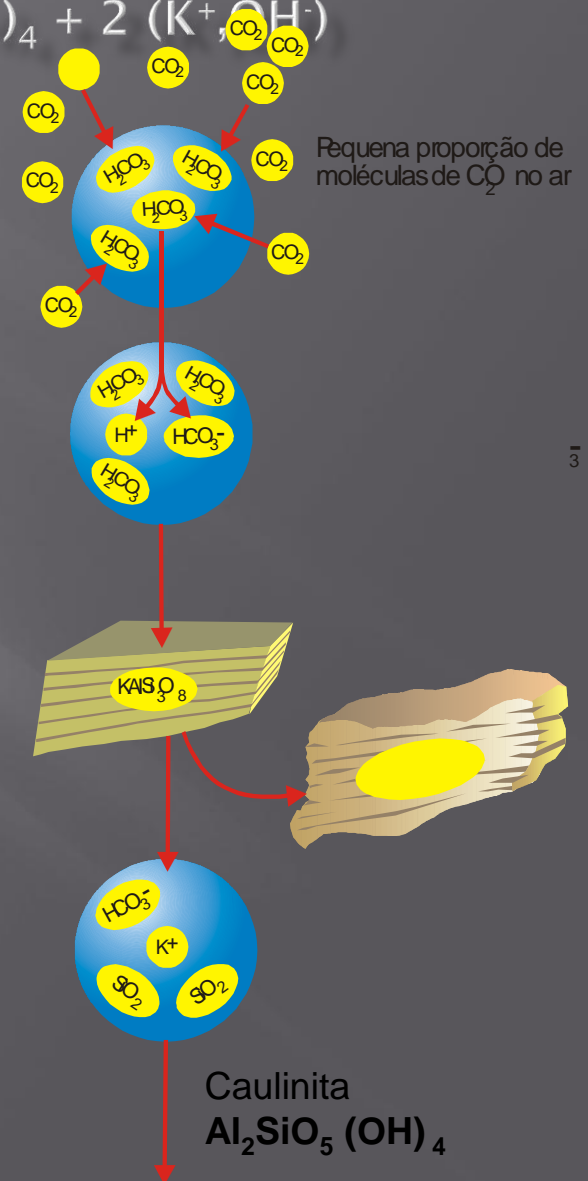
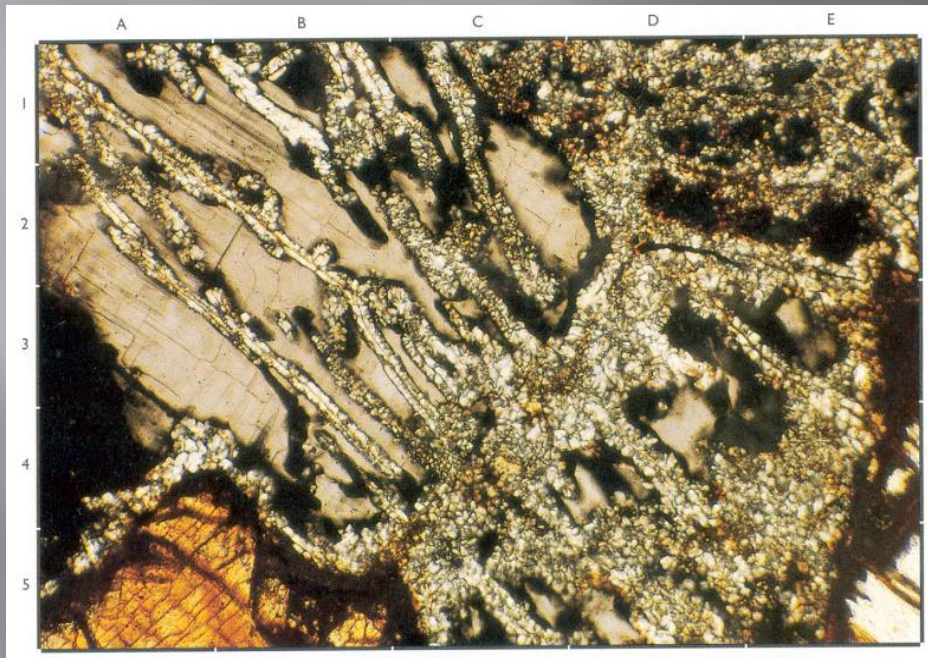
Ferro-piroxênio + oxigênio = hematita + sílica dissolvida







# INTEMPERISMO DE FELDSPATO



# MINERAIS E ELEMENTOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS

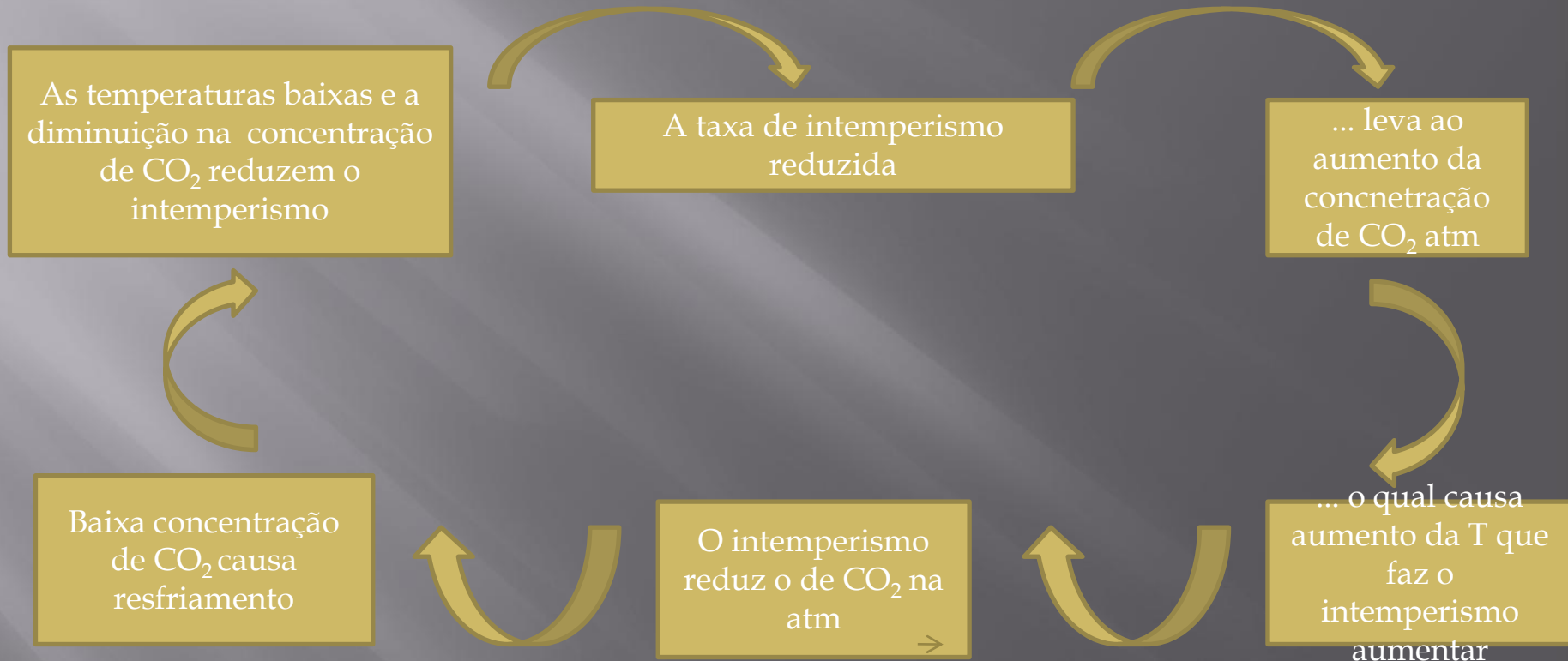
**Minerais mais abundantes nas alteritas e solos:**  
argilominerais e oxihidróxidos de Fe e de Al

**Elementos químicos mais abundantes nas alteritas e solos,  
além do O:**

Al, Fe      Si

(destino de K, Na, Ca, Mg nos climas tropicais: águas)

# Como o dióxido de carbono atmosférico influencia o intemperismo e o clima?



# MINERAIS E ELEMENTOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS

## Minerais mais abundantes nas rochas da crosta continental:

quartzo - Si

feldspatos - Ca, Na, K, Al e Si

micas: biotita - K, Fe, Mg, Al e Si

muscovita - K, Al e Si

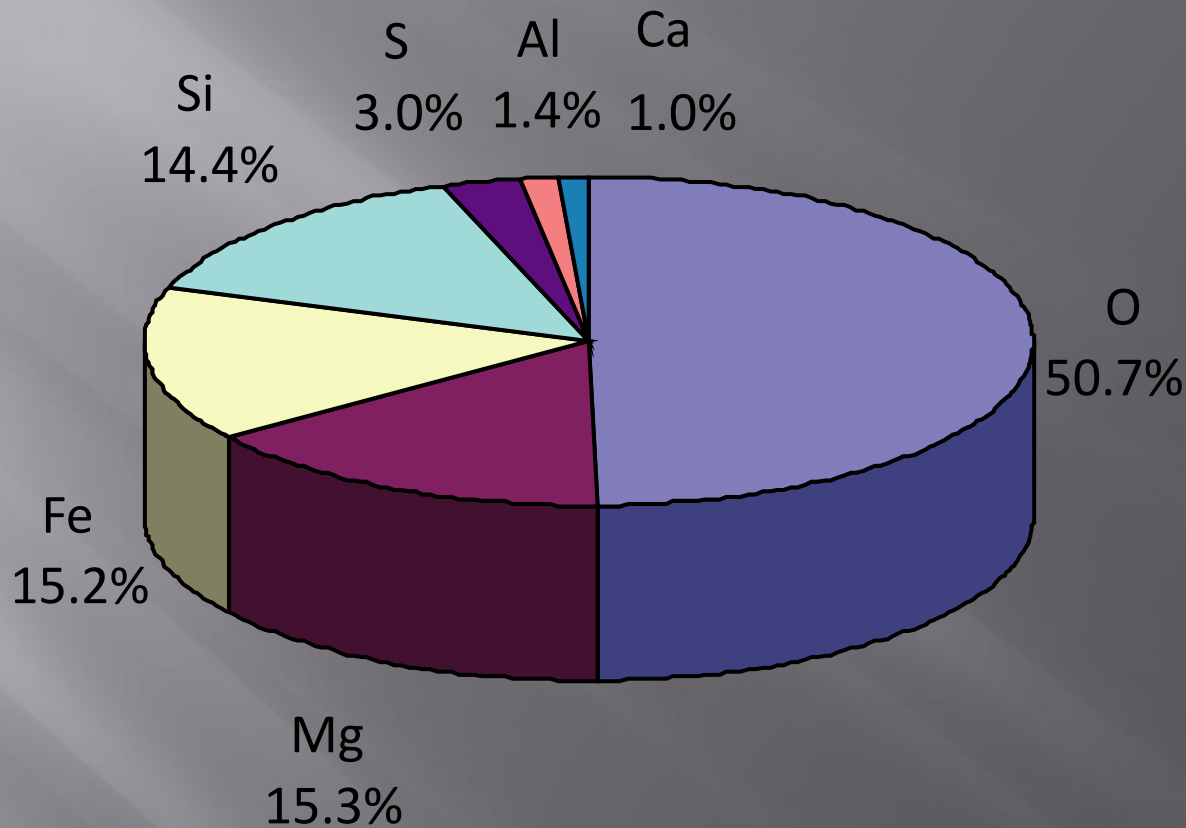
piroxênios - Ca, Na, Mg, Fe, Al e Si

## Elementos químicos mais abundantes na crosta, além do O:

Al, Fe

Si

K, Na, Ca, Mg



**Abundância relativa dos 7 elementos mais comuns que correspondem a 97% da massa da Terra**



# PROCESSOS GEOQUÍMICOS

Definidos em função do produto residual do intemperismo:

a - silicatos (argilominerais com muita sílica ou com pouca sílica)

b - oxihidróxidos de Fe

c - hidróxidos de Al

# PROCESSOS GEOQUÍMICOS



formação de gibbsita = ALITIZAÇÃO



formação de ARGILOMINERAL 1:1 (caulinita) = MONOSSILITIZAÇÃO



formação de argilomineral 2:1 = BISSIALITIZAÇÃO



# CONTROLES DA ALTERAÇÃO

Material original

Clima

Topografia

Vegetação

Tempo

Principais fatores controladores das taxas de intemperismo

LENTA



RÁPIDA

PROPRIEDADES DA ROCHA

PARENTAL

Solubilidade do mineral	Baixa (quartzo)	Moderada (feldspato)	Alta (calcita)
Estrutura da rocha	Maciça	Algumas zonas de fraqueza	Muitas fraturas ou acamamento muito delgado

CLIMA

Chuva	Baixa	Moderada	Alta
Temperatura	Frio	Moderada	Quente

PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE SOLO E VEGETAÇÃO

Espessura do perfil de solo	Nenhuma – rocha exposta	Fina a moderada	Espessa
Conteúdo orgânico	Baixo	Moderado	Alto

TEMPO DE EXPOSIÇÃO

Curto	Moderado	Longo
-------	----------	-------

# CONTROLES DA ALTERAÇÃO

MATERIAL ORIGINAL

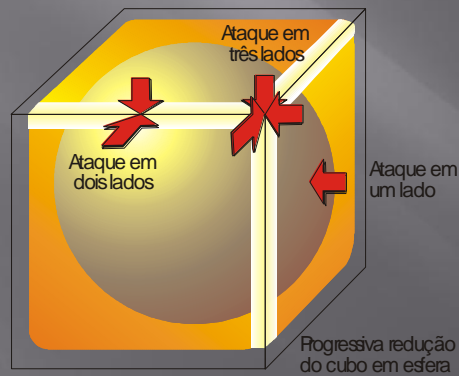
**Minerais presentes** (*composição química e estrutura cristalina*)

**Estruturas** (*contatos, descontinuidades*)

**Permeabilidade**

# CONTROLES DA ALTERAÇÃO

## MATERIAL ORIGINAL





# CONTROLES DA ALTERAÇÃO

## CLIMA

### Climas úmidos e quentes (intertropicais e equatoriais)

- . abundância de água, renovação das águas de percolação
  - . intemperismo químico > intemperismo físico
  - . grande desenvolvimento de vegetação
- . minerais II pobres nos constituintes solúveis
  - . pobreza em minerais I inalterados
- . rápida mineralização da matéria orgânica
  - . cores avermelhadas

# CONTROLES DA ALTERAÇÃO

## CLIMA

### Climas quentes e secos

- . evaporação > precipitação (sem renovação das soluções)
  - . cristalização de sais
  - . intemperismo físico > químico
  - . **abundância de minerais I inalterados**
- . minerais II refletindo a composição inicial, ricos em sílica e bases
  - . vegetação escassa
  - . em  $T >$  : m.o. rapidamente oxidada e **cores marrons e avermelhadas**
  - . em  $T <$  : m.o. parcialmente mineralizada e cores acinzentadas

# CONTROLES DA ALTERAÇÃO CLIMA

## Climas temperados

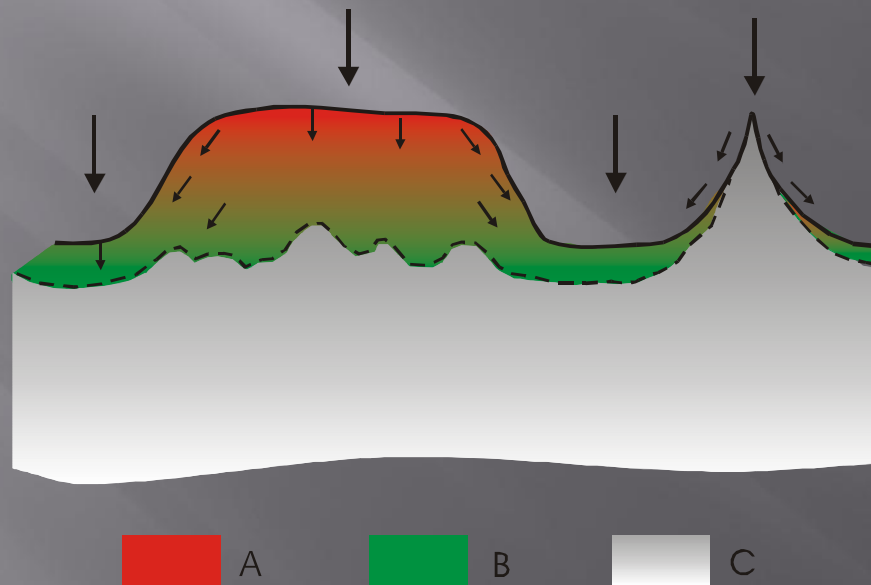
- . reações químicas retardadas
- . acumulação de matéria orgânica
- . produção de ácidos orgânicos complexantes
- . cores acinzentadas



# CONTROLES DA ALTERAÇÃO

## TOPOGRAFIA

A - BOA INFILTRAÇÃO E BOA DRENAGEM:  
INTEMPERISMO QUÍMICO  
FAVORECIDO



# PARTICIPAÇÃO DA BIOSFERA



# PARTICIPAÇÃO DA BIOSFERA

- fornecimento de matéria orgânica  $\Rightarrow$  degradação  $\Rightarrow$  produção de ácidos orgânicos e  $\text{CO}_2$ 
  - crescimento de raízes ruptura de rochas
  - remobilização de materiais (cupins, formigas, minhocas ...)
- estabilização das encostas e retardamento da erosão mecânica
- favorecimento da infiltração das águas da chuva e, portanto, do intemperismo químico

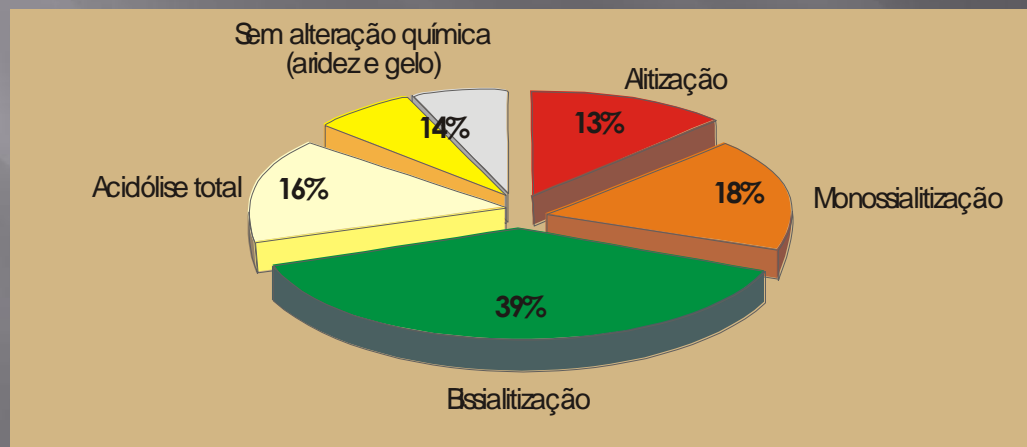
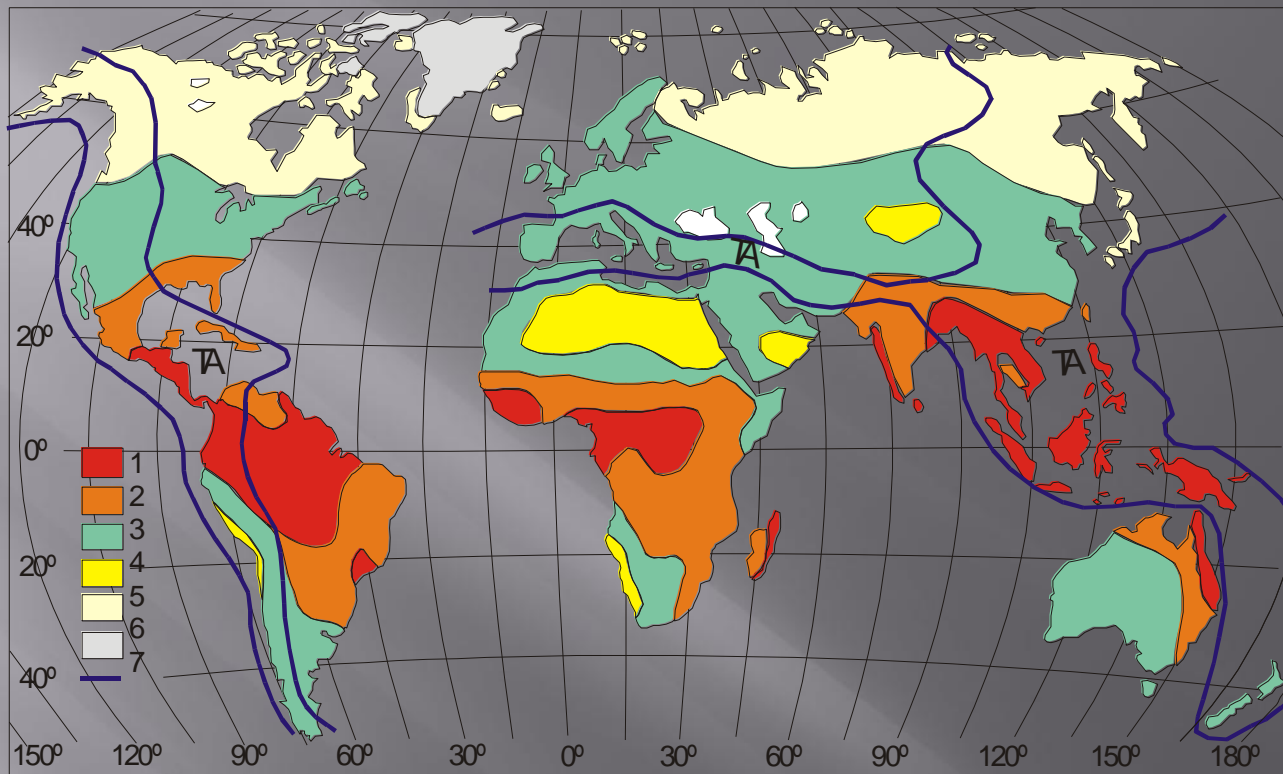


# DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS PRINCIPAIS TIPOS DE INTEMPERISMO NA TERRA

Função do clima/sucessão de climas  
modificada por outros parâmetros:

. relevo

. dinâmica interna

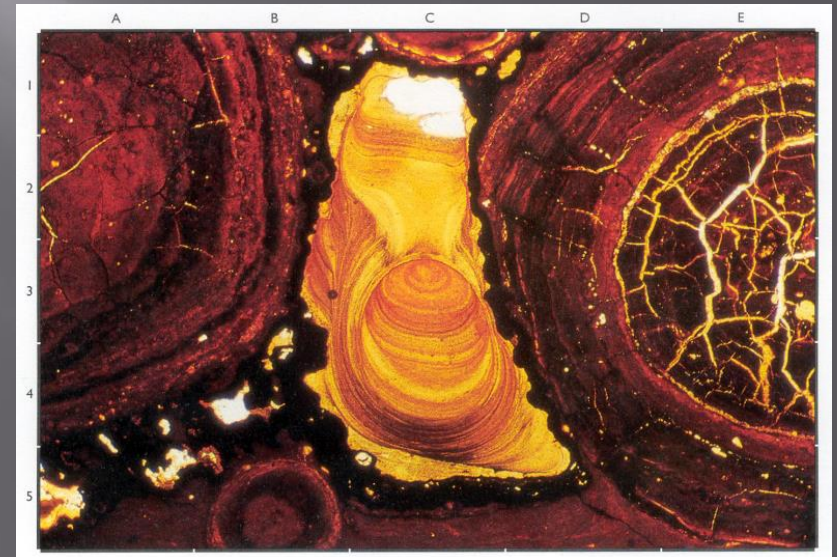
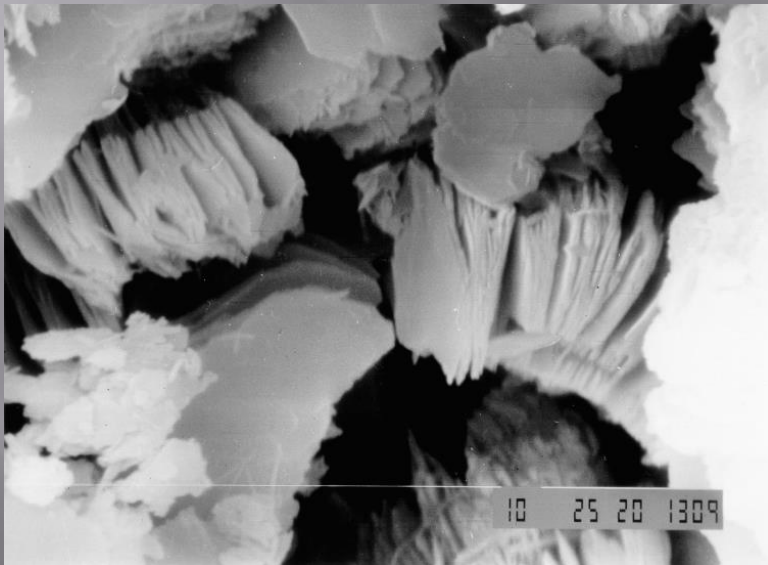


# Pedogênese

- ▣ . Transformações estruturais no material intemperizado
- ▣ . Instalação intensa de organismos
- ▣ . **Tipo e evolução = função do clima, relevo, vegetação e tempo**(com exceção de casos extremos de composição, tipos diferentes de rocha podem originar solos iguais, que são função do clima)

# Pedogênese

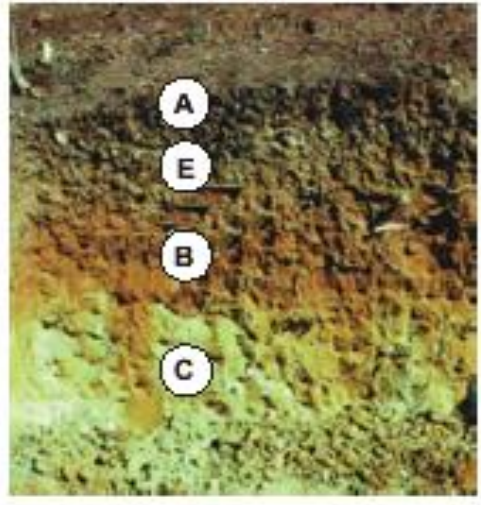
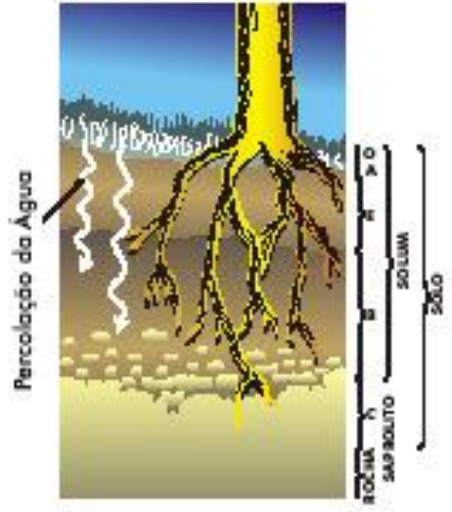
- ▣ Composição dos solos: min. I resistentes e minerais II





# Pedogênese

- ▣ Organização dos solos: remobilização dos materiais por vários mecanismos de transferência de partículas e de íons, causando a diferenciação dos horizontes pedológicos



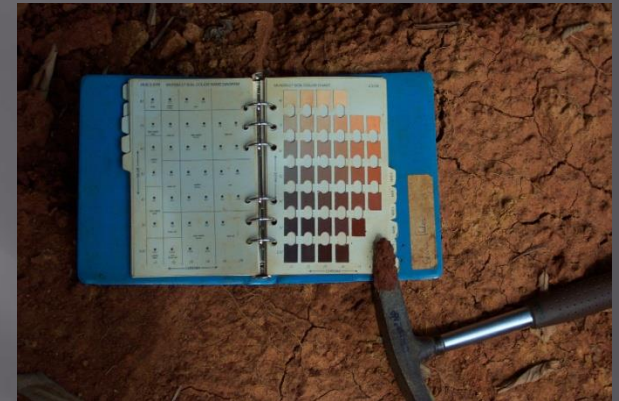
# Classificação pedológica

- ▣ Solos mais comuns no Brasil: Latossolos, argissolos, nitissolos, alissolos, plintissolos, luvisolos, planossolos, espodossolos, chernossolos, gleissolos, planossolos, cambissolos, neossolos, organossolos, vertissolos...

# Vertissolo (Piracicaba SP)



# Latossolo (Piracicaba SP)



# Dinâmica Externa

## Erosão

agentes



Condicionamentos



água

vento

ondas

Marés

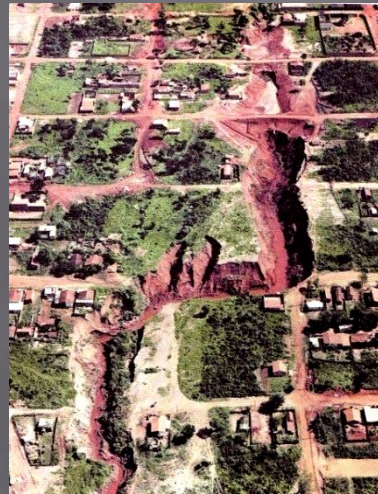
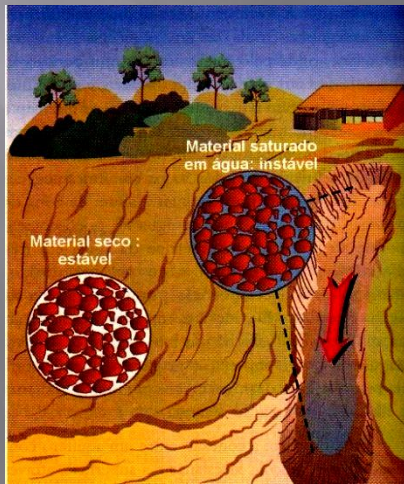
gelo

Homem

climático  
topográfico  
temporal



arquivo figuras



arquivo figuras

# Dinâmica Externa

## Sedimentação

gravidade/decantação

precipitação química ou orgânica

Depósitos detríticos ou clásticos

Depósitos químicos e/ou orgânicos

lamas  
areias  
cascalhos

Água

Vento

Gelo

Elúvios, Colúvios, Alúvios,  
Planícies litorâneas

Sedimentos bioquímicos:  
carbonatos, evaporitos, fosfatos

# Dinâmica Externa

## Diagênese

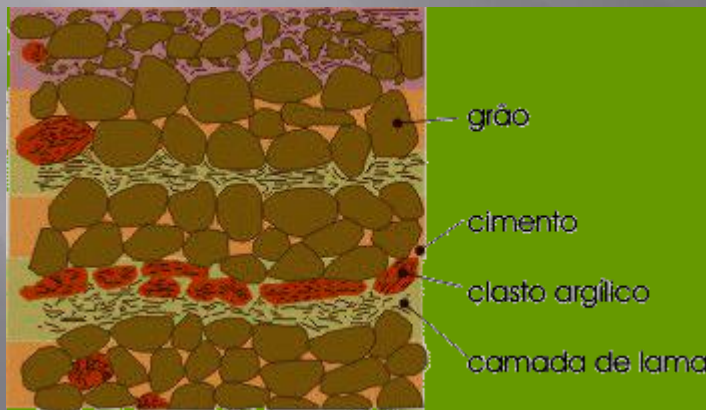
Transformações pós-deposicionais: litificação

autigênese

cristalização durante a sedimentação: carbonatos, sais

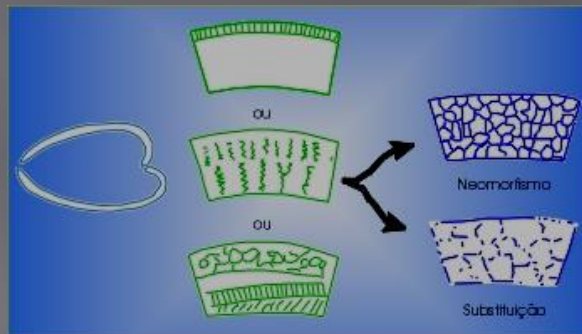
Cimentação (b)

cimentos, preenchimentos de póros



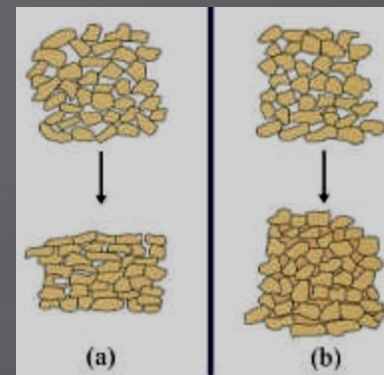
recristalização

rearranjo cristalino  
novas condições termodinâmicas



Compactação (a)

Peso, expulsão da água



metassomatose

fossilização  
dolomitização  
silicificação



# Rochas Sedimentares

- ▣ Resultantes da consolidação de sedimentos
- ▣ Importantes recursos econômicos – calcários, quartzo, carvão, reservatórios de petróleo, depósitos aluvionares de ouro, diamante
- ▣ Rochas brandas – baixa resistência mecânica, friáveis devida a baixa coesão
- ▣ Processo responsável pela litificação -  
diagênese

# Rochas Sedimentares

- A deposição dos sedimentos ocorre nas zonas mais baixas, em bacias de sedimentação. Com o tempo, este material pode ser soterrado, compactado e transformado em rocha sedimentar (Litificação).



# ROCHAS SEDIMENTARES

## Origem e Classificação

Rochas Geradoras

### Processos Intempéricos

• desintegração mecânica

• decomposição química de minerais alteráveis

• extração de nutrientes por plantas

### Produtos do Intemperismo

• seixos de rochas fragmentadas

• grãos de areia de minerais resistentes (quartzo)

• novos minerais (argilas)

• carbonatos, sulfatos, etc. cátions em solução

• tecidos de plantas

### Sedimentos

• cascalho

• areias de gran. diferente

• silte

• lama

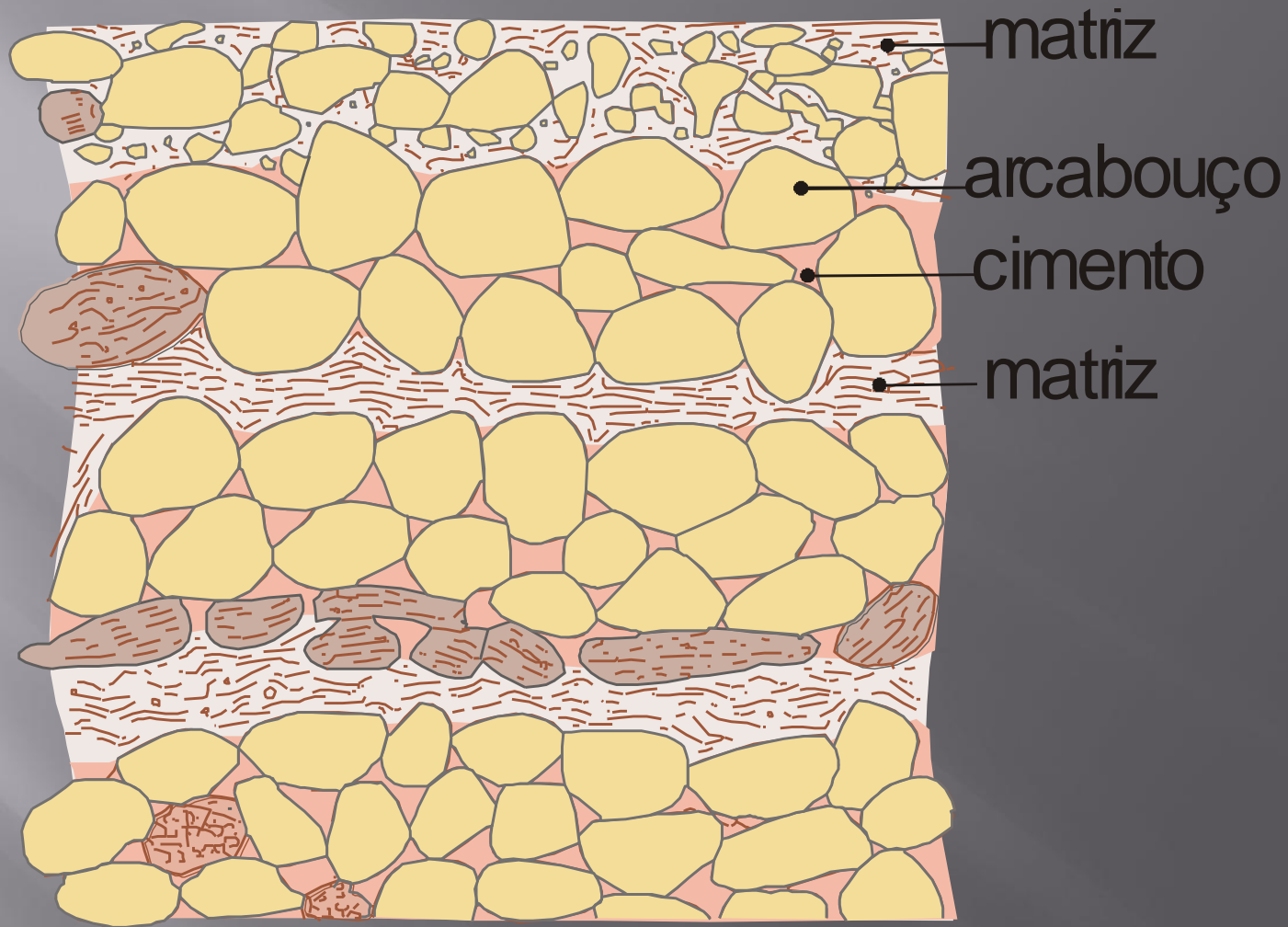
• evaporitos

• calcários

• dolomitos

• turfa e carvão

precipitação



Representação genérica das rochas sedimentares, com seus componentes principais.

# Classificação

- ▣ Rochas Detríticas ou clásticas
  - Sedimentos derivados da desagregação e decomposição de rochas na superfície – processos intempéricos
  - Arenitos, siltitos, argilitos, arcóseo, folhelhos, ritmito
- ▣ Calcários e Dolomitos
  - Rochas carbonáticas – 50% ou mais de minerais carbonáticos – calcita ou dolomita
- ▣ Carvão
  - Rocha formada por processos bioquímicos – restos de vegetais
  - Turfa, linhito, carvão mineral, antracito
- ▣ Evaporitos
  - Rochas de origem química/bioquímica – depósitos salinos
  - Halita, gipsita

# ROCHAS SEDIMENTARES

## CLÁSTICAS

- conglomerados - fragmentos de rochas, grânulos, matriz
- arenitos - grãos de quartzo entre 0,06 - 2 mm
- siltitos - grãos de quartzo entre 0,002 - 0,06 mm
- argilitos e folhelhos - argila

## NÃO CLÁSTICAS

químicas  
bioquímicas  
orgânicas, etc.

- calcários e dolomitos - calcita e dolomita
- evaporitos - precipitação de  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ , etc.
- silixitos -  $\text{SiO}_2$  - quartzo microcristalino
- argilitos e folhelhos - argila
- turfa e carvão - matéria vegetal



Lages de ARENITO  
silicificado.  
As marcas onduladas  
foram produzidas  
pelo vento há mais  
de 140 milhões  
de anos.  
Ribeirão Claro, PR.



ARENITOS e CONGLOMERADOS  
da Formação Itaquaquecetuba, SP,  
afetados por falhas normais.



# PRINCIPAIS PROCESSOS MODELADORES DA PAISAGEM

# AGENTE ÁGUA

# EROSÃO

- ▣ **Erosão natural ou geológica:** desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo.
- ▣ **Erosão acelerada ou antrópica:** erosão cuja intensidade é superior à formação do solo, não permitindo sua recuperação natural.

# TRANSPORTE

- ▣ Remoção física dos materiais pelos agentes de transporte: **água, gelo, vento ou gravidade**

# DEPOSIÇÃO

- ▣ Processo de sedimentação do material transportado, formando depósitos sedimentares (leques aluviais, dunas, praias)

**Intemperismo e erosão**

**Transporte e sedimentação**

**Soterramento e diagênese**



# Erosão pela ação dos rios





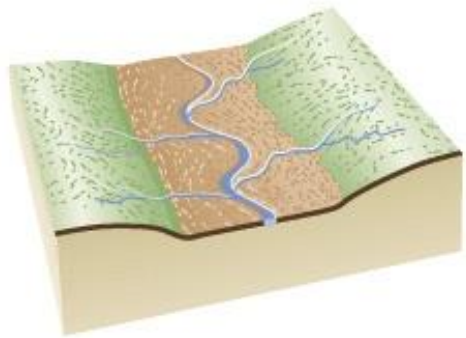




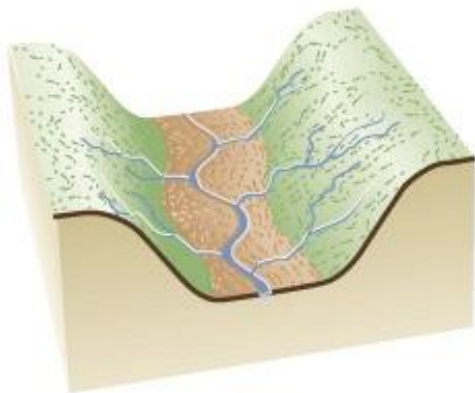




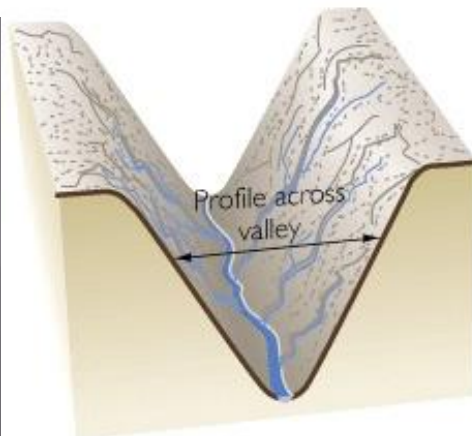
- ▣ Rios agem continuamente na transformação do relevo, sendo o principal agente modelador da paisagem
- ▣ - Processos fluviais (erosão, transporte e sedimentação em leques aluviais)
  
- ▣ fluxo do rio
  - permanente ou sazonal, atingindo
  - oceano
  - lago
  - outro rio



Broad, flat valley in lowlands



Open valley in hills



Narrow mountain canyon



- ▣ **Transporte de Sedimentos** → materiais transportados pelos rios são chamados sedimentos de corrente
  - dissolvido, carga em suspensão, carga de fundo
- ▣ **Competência** → tamanho máximo de partícula que pode ser transportada
  - determinada pela velocidade de fluxo das águas e pelo gradiente
- ▣ **Erosão** → alta velocidade de fluxo, alto gradiente, pequeno comprimento do canal (canais retilíneos)
- ▣ **Deposição** → diminuição da velocidade, gradiente topográfico baixo (margem convexa dos rios meandrantés)







# Canal Meandrante





# Erosão pelo rio





# Assoreamento

- ▣ Processo de acumulação de partículas sólidas em meio aquoso (rios e reservatórios) ou aéreo.
- ▣ Intenso em regiões de solos arenosos finos
- ▣ Causas antrópicas:
  - práticas agrícolas inadequadas
  - infra-estrutura precária de urbanização
  - modificação da velocidade de cursos d'água por barramento, canalização, desvios, diques, etc.



**Sistema superficial de drenagem de águas pluviais assoreado**



sistema superficial de drenagem construída assoreado – capacidade de vazão reduzida à metade



ETC2000

EROSÃO E ASSOREAMENTO EM ARAGUARI – MG

# Inundação

- ▣ Extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais, quando a vazão é superior à capacidade de descarga da calha
- ▣ Causas naturais: chuvas excepcionais e degelos









# Erosão pela ação da água subterrânea

- ▣ Infiltração: processo mais importante de recarga da água no subsolo
- ▣ Fatores controladores do volume e da velocidade de infiltração:
  - tipo e condição dos materiais terrestres
  - cobertura vegetal
  - topografia
  - precipitação
  - ocupação do solo



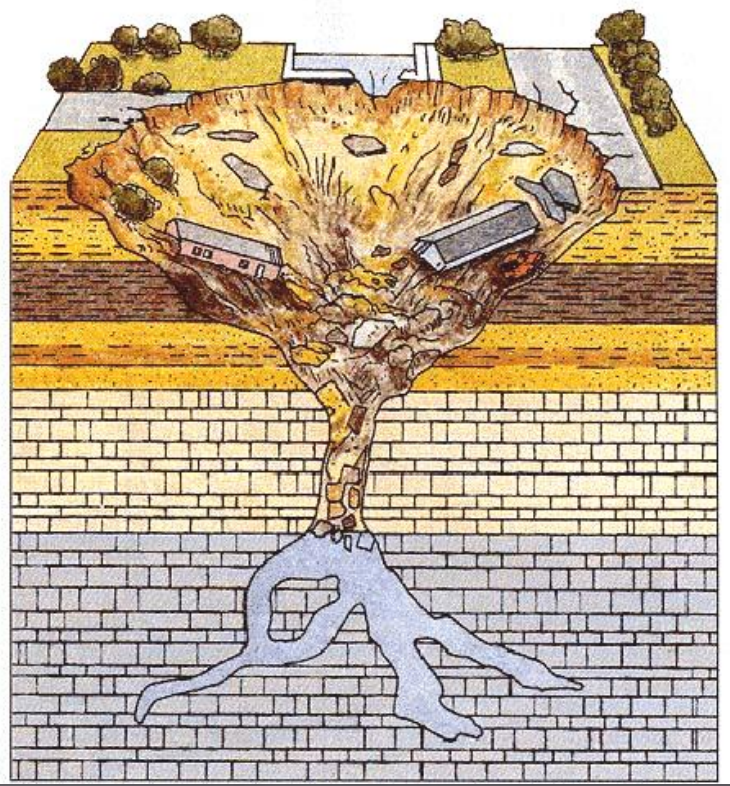
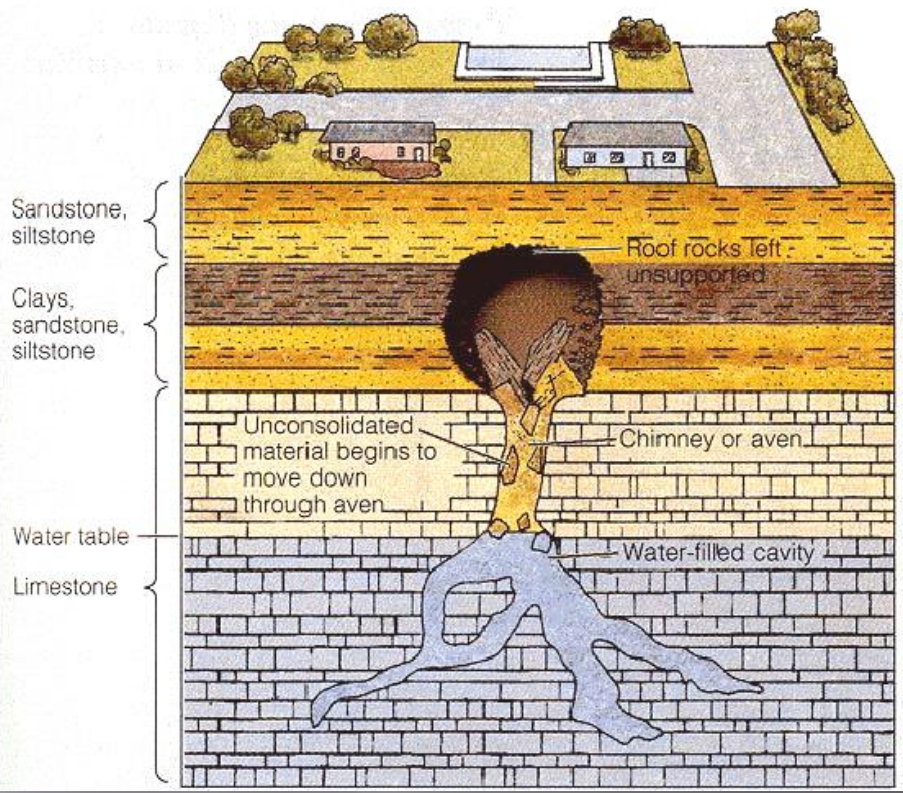
# Subsidências e colapsos

- ▣ deslocamento vertical por afundamento de terrenos
- ▣ subsidência: deslocamento mais lento
- ▣ colapso: deslocamento brusco



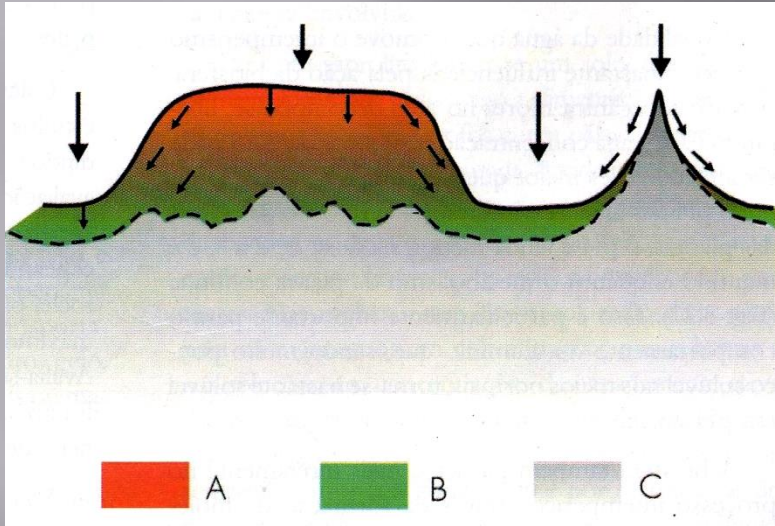
# Causas naturais

- ▣ dissolução de rochas (carstificação)
- ▣ acomodação de camadas do substrato pelo seu próprio peso ou por movimentação segundo planos de falhas

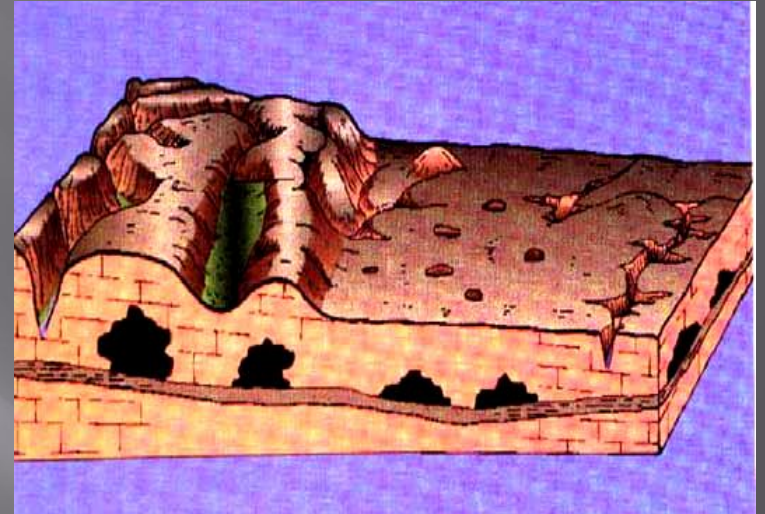


# Dinâmica Externa

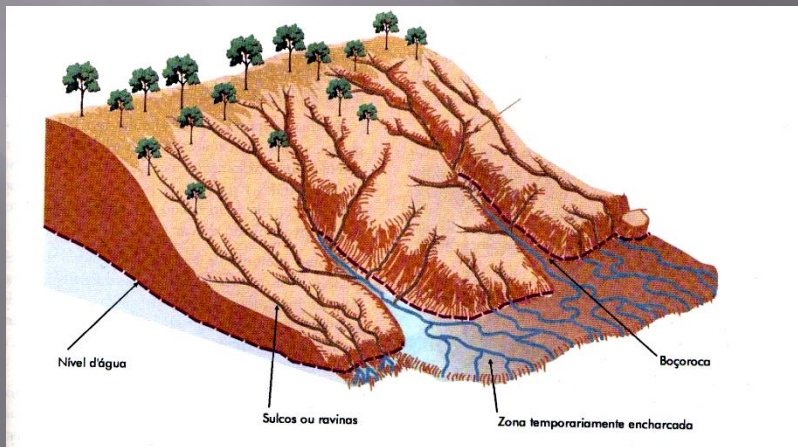
## Evolução de Paisagens



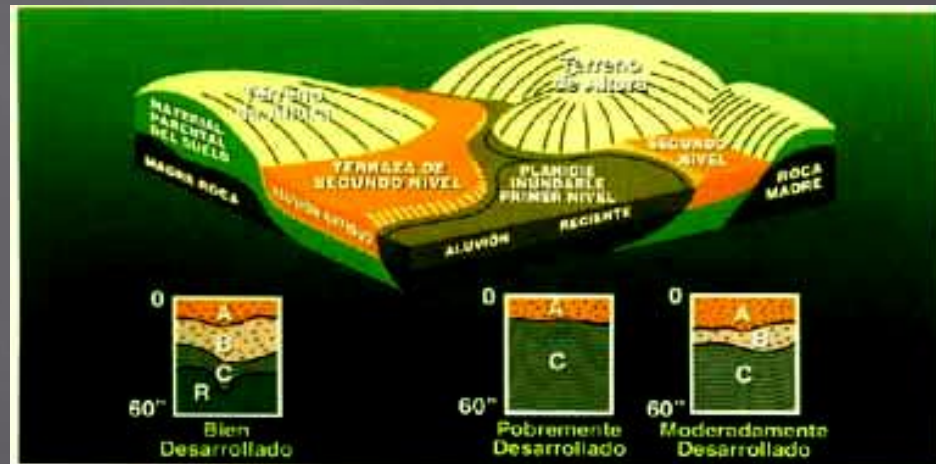
Fonte: Teixeira et al. (2000)



Fonte: Teixeira et al. (2000)



Fonte: Teixeira et al. (2000)



Arquivo figuras

# Dinâmica Externa

## Evolução de Paisagens



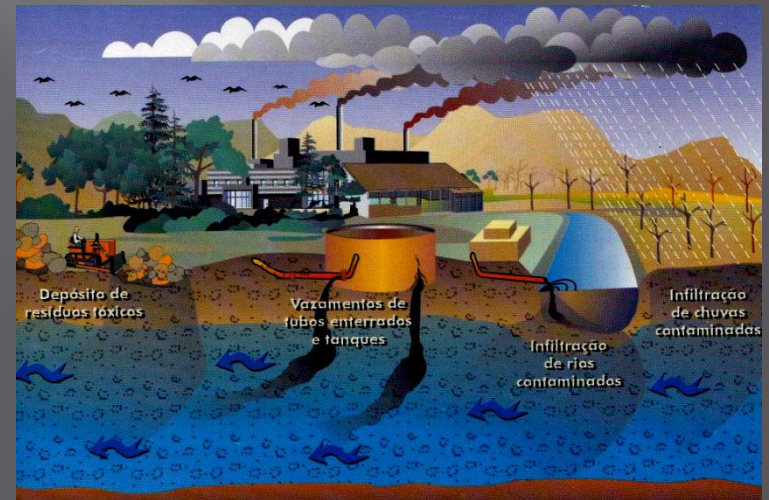
Arquivo figuras



Arquivo figuras



Arquivo figuras



Fonte: Teixeira et al. (2000)



