FORMAÇÃO DO SOLO

(Gênese do solo)

BIBLIOGRAFIA OBRIGATÓRIA

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (Eds.). Pedologia: fundamentos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 207-240.

GÊNESE DO SOLO

•Fatores pedogenéticos
(Fatores de formação do solo)

•Processos pedogenéticos
(Processos de formação do solo)

GÊNESE DO SOLO

•Fatores pedogenéticos: material de origem, clima, relevo, organismos, tempo.

•Processos pedogenéticos: adições, transformações, transportes e remanejos, perdas

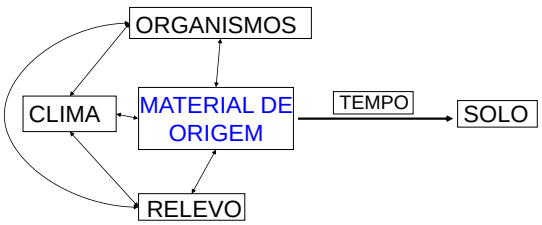
FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO

Paradigma da Pedologia

Cinco fatores de formação (Dockuchayev, 1883)

- **Material de origem**
- **Relevo**
- **Clima**
- **Organismos**
- **Tempo**

FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO



MATERIAL DE ORIGEM

MATERIAL DE ORIGEM

É o estágio inicial do sistema solo ou o estado do sistema solo ao tempo zero de formação (Jenny, 1941).

O substrato abaixo do solo pode ou não constituir seu material de origem.

MATERIAL DE ORIGEM

MATERIAL DE ORIGEM

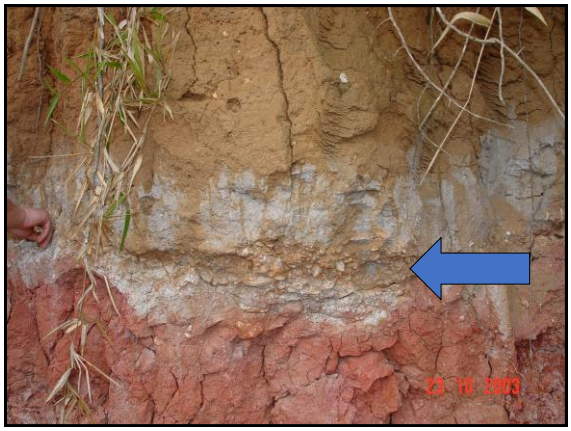
- ROCHAS (ígneas, sedimentares, metamórficas)
- SEDIMENTOS (aluviões, dunas, cinzas vulcânicas, loess, coluviões, depósitos orgânicos)

MATERIAL DE ORIGEM

•SOLOS AUTÓCTONES: quando o solo é formado à partir do material de origem subjacente ao mesmo

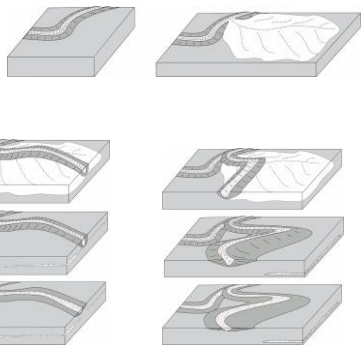
•SOLOS ALÓCTONES: quando o solo é formado à partir de material de origem que não está subjacente ao mesmo

Linha de pedras

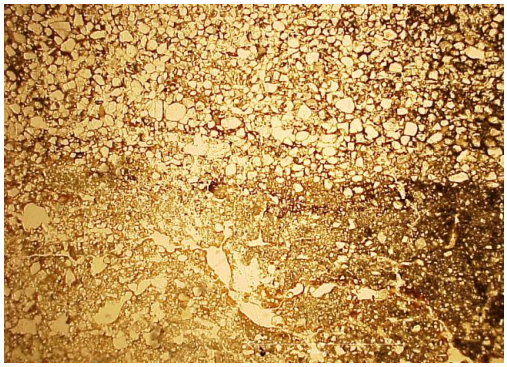


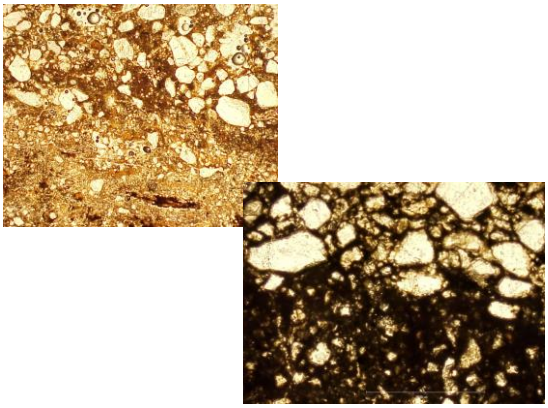
Este solo se formou de materiais trazidos por este rio

Perfil com camadas de diferentes materiais de origem



Rio Iguaçu





EFEITOS DO MATERIAL DE ORIGEM NA FORMAÇÃO DO SOLO

a) Grau de consolidação

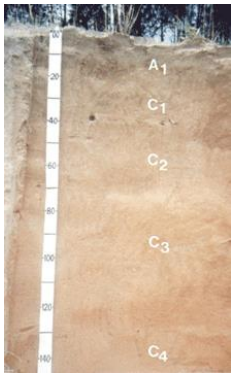
b) Granulometria

c) Composição mineralógica

EFEITOS DO MATERIAL DE ORIGEM NA FORMAÇÃO DO SOLO

Solos originados de arenitos ou depósitos arenosos tendem a ser arenosos, pois o quartzo é muito resistente.

Arenito - sedimentar clástica de granulação média



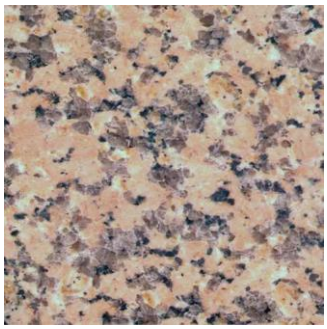
Solo profundo formado de arenito

EFEITOS DO MATERIAL DE ORIGEM NA FORMAÇÃO DO SOLO

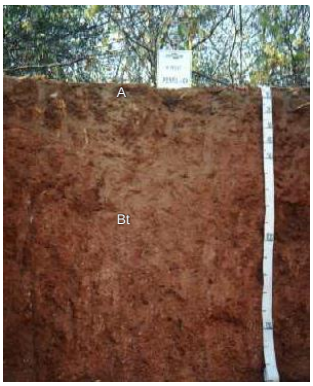
Solos originados de rochas ígneas básicas (basalto, gabro) tendem a formar solos mais argilosos

EFEITOS DO MATERIAL DE ORIGEM NA FORMAÇÃO DO SOLO

Solos originados de rochas ígneas ácidas plutônicas (como granito) tendem a formar solos com mais areia grossa e/ou cascalho.



Granito – rocha ígnea plutônica félsica



Solo originado de granito em São João do Rio do Peixe (PB)

EFEITOS DO MATERIAL DE ORIGEM NA FORMAÇÃO DO SOLO

Em geral observa-se estreita relação entre o material de origem e a textura, densidade e teores de Fe e Ti nos solos.

Argilito - rocha sedimentar clástica de granulação fina

Solo formado de argilito na Fazenda do Canguiri

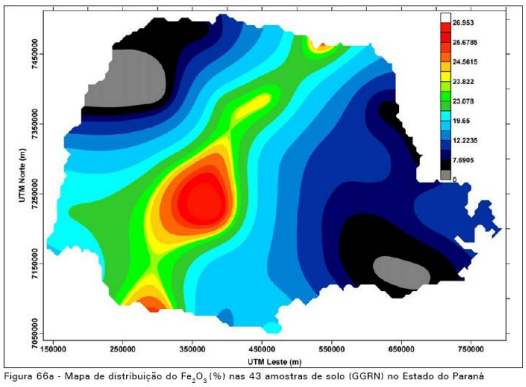


Figura 66a - Mapa de distribuição do Fe_2O_3 (%) nas 43 amostras de solo (GGRN) no Estado do Paraná

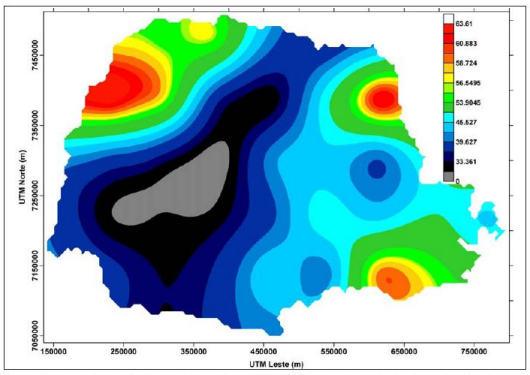


Figura 105a - Mapa de distribuição de SiO_2 (%) nas 43 amostras de solo (GGRN) no Estado do Paraná

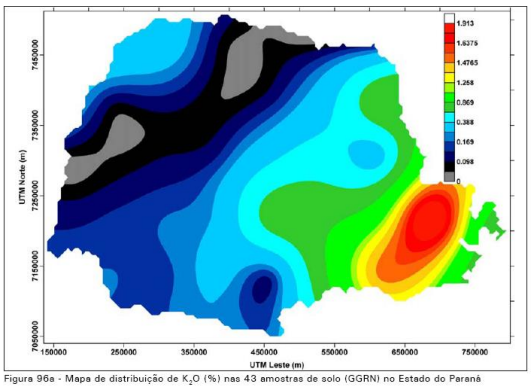


Figura 96a - Mapa de distribuição de K_2O (%) nas 43 amostras de solo (GGRN) no Estado do Paraná

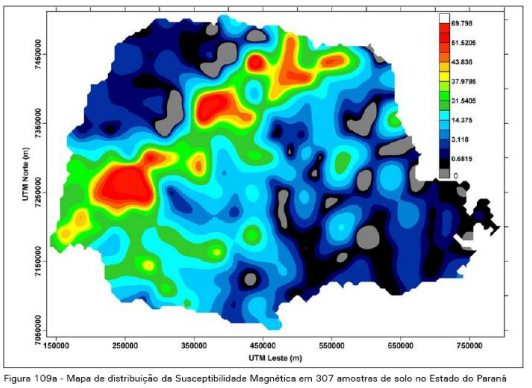
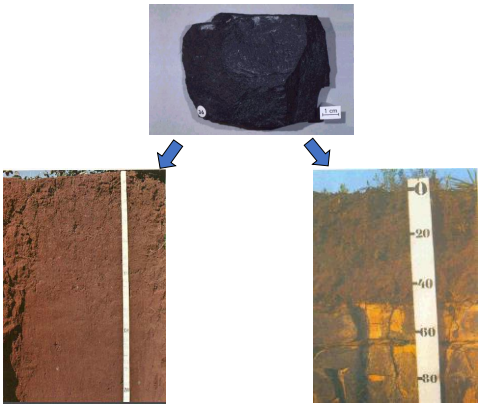


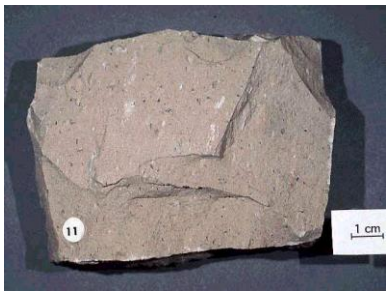
Figura 109a - Mapa de distribuição da Susceptibilidade Magnética em 307 amostras de solo no Estado do Paraná

EFEITOS DO MATERIAL DE ORIGEM NA FORMAÇÃO DO SOLO

A natureza do material de origem é mais determinante nos aspectos químicos de solos mais jovens

Basalto – rocha ígnea vulcânica máfica

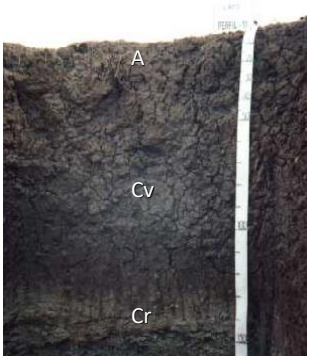




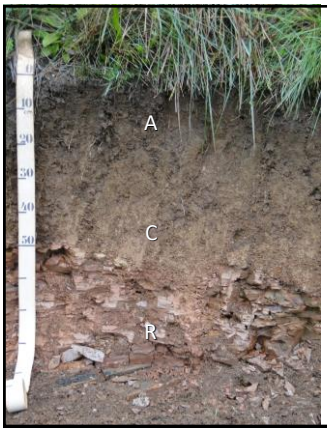
Riolito – rocha ígnea félsica

Solo formado de rocha ígnea félsica no P.N. Aparados da Serra

Folhelho - sedimentar clástica de granulação fina



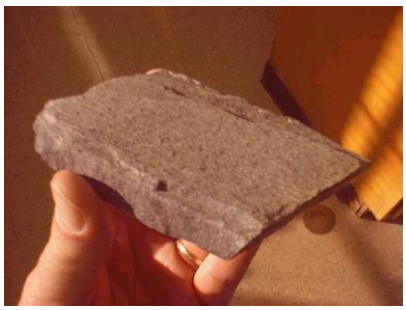
Solo formado de folhelhos, em clima semi árido, em Souza (PB)



Solo formado de folhelhos, em clima úmido na Lapa (PR)

Calcário – rocha sedimentar química - Rio Branco do Sul (PR)

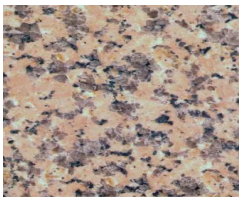
Solo formado de calcário em clima semi árido, em Apodi (RN)



Filito – rocha metamórfica de estrutura xistosa

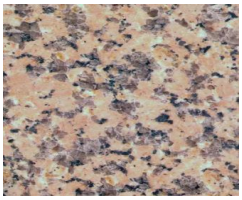
Solo formado de filito em relevo ondulado, Almirante Tamandaré (PR)

BASALTO: rocha ígnea básica (máfica)



GRANITO: rocha ígnea ácida (félsica)

BASALTO: feldspatos-Ca, olivina e pouco quartzo



GRANITO: feldspatos-K, micas, e muito quartzo

Solo formado de rocha ígnea básica (máfica)

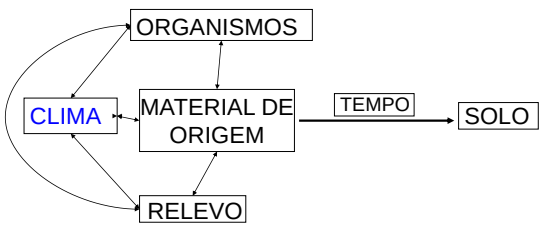
Solo formado de rocha ígnea ácida (félsica)

Solo com maior teor de argila e cor vermelho escura

Solo com mais areia grossa e cascalho e cor amarelada

CLIMA

FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO



CLIMA

CLIMA AFETA

- INTEMPERIZAÇÃO DO MATERIAL DE ORIGEM
- ORGANISMOS VIVOS

CLIMA

CLIMA
- PRECIPITAÇÃO
- TEMPERATURA
- VENTO
- INSOLAÇÃO
- UMIDADE RELATIVA
- EVAPORAÇÃO

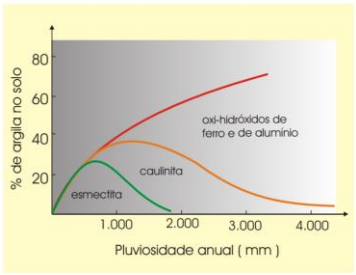
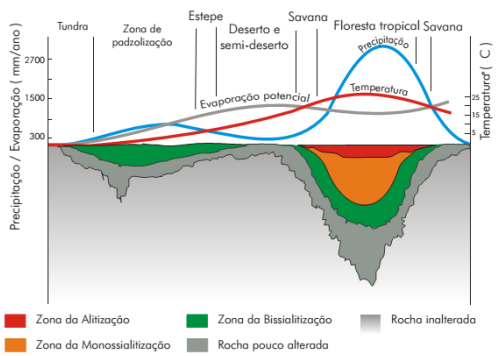


Fig. 8.18 A intensidade do intemperismo aumenta com a pluviosidade, resultando num solo com maior proporção de minerais secundários (fração argila). A cada faixa de pluviosidade corresponde uma composição preponderante dos minerais secundários.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



Fonte: Teixeira et al. (2009) – Decifrando a terra

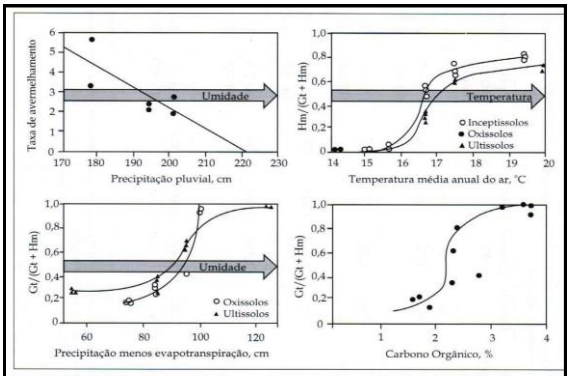


Figura 4. Efeito da temperatura e do excesso de água na mineralogia dos óxidos de ferro (proporçã de hematita e goethita) nos solos de climossequência no RS.

Fonte: Adaptado de Kämpf & Schwertmann (1983).

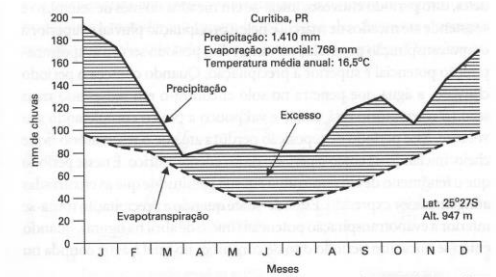
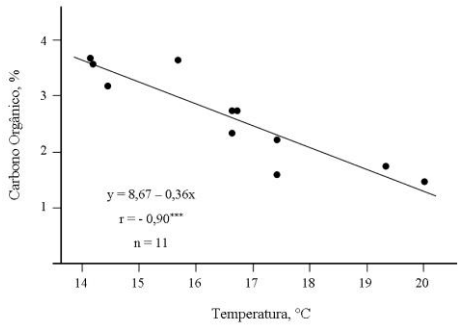


Figura 1.2.5. Balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather, 1955 (125 mm). Município de Curitiba, PR (Embrapa, 1978). Arquivos do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agronômico de Campinas.

Clima mais frio

⇩

Mais matéria orgânica no solo



Clima mais frio e/ou maior precipitação em relação à evapotranspiração

⇩

Mais goetita no solo

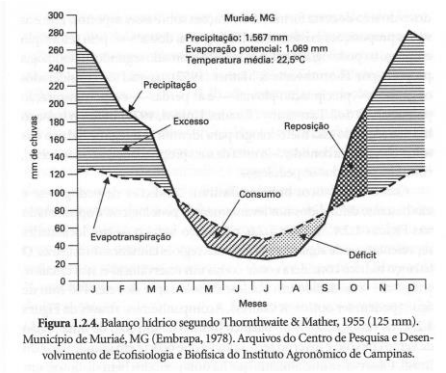
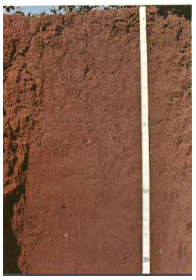


Figura 1.2.4. Balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather, 1955 (125 mm). Município de Muriaé, MG (Embrapa, 1978). Arquivos do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agronômico de Campinas.

Clima mais quente

⇩

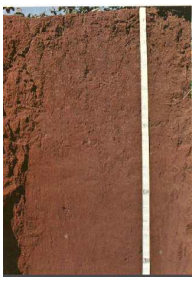
Menos matéria orgânica no solo



Clima mais quente e maior evapotranspiração

⇩

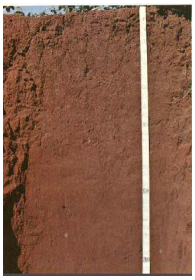
Mais hematita no solo



Clima mais quente e úmido

⇩

Solos mais intemperizados (velhos) e profundos



Clima mais quente e úmido

Mais minerais secundários no solo

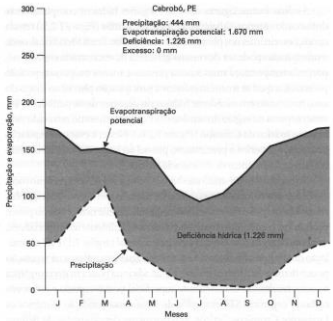


Figura 1.2.6. Balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather, 1955 (100 mm), Cabrobó, PE (Embrapa, 1978). Arquivos do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agronômico de Campinas.

Climas áridos ou semi-áridos

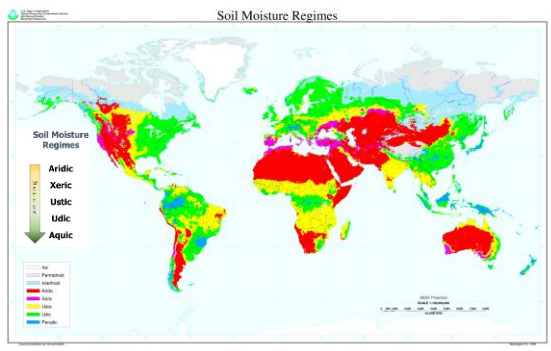
Solos menos intemperizados (jovens) e rasos

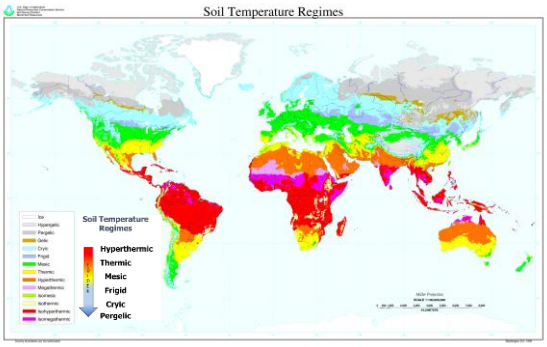
Climas áridos ou semi-áridos

Mais minerais primários no solo

Quadro 1.2.1. Dados químicos de perfil de Luvissolo Crômico Órtico (Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Recife, 1989).

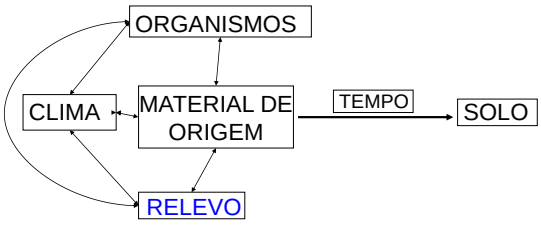
Horizonte	Profundidade (cm)	C (%)	Soma de bases (S) cmol$_c$/100 g solo	Saturação por bases (%)
A	0-18	0,62	9,7	100
Bt	18-45	0,49	20,1	93
BC	45-55	0,52	18,8	93
Cr	55-80	0,33	13,8	100



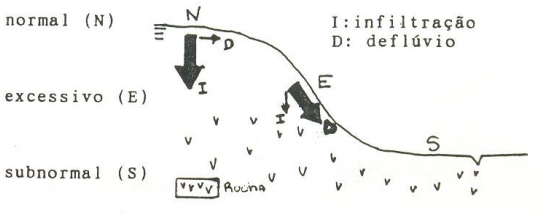


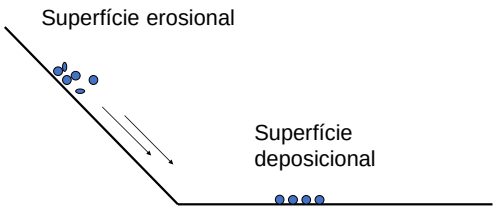
RELEVO

FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO



RELEVO





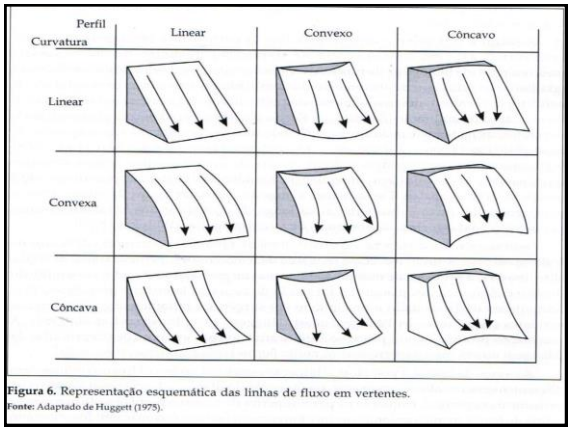
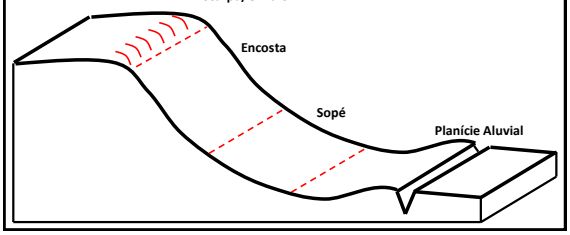
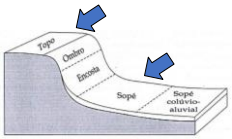


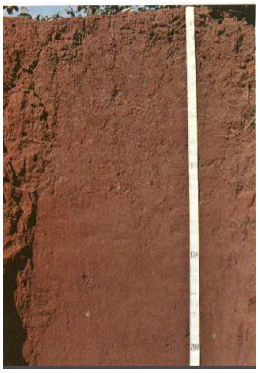
Figura 6. Representação esquemática das linhas de fluxo em vertentes.
Fonte: Adaptado de Huggett (1975).

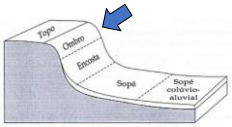
Compartimentos

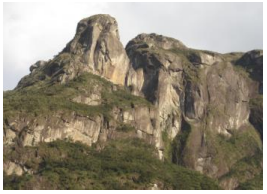




No sopé e no topo normalmente há solos profundos ou muito profundos

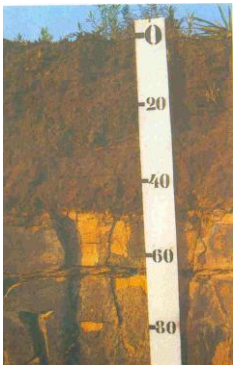


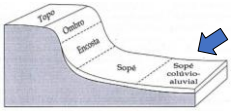




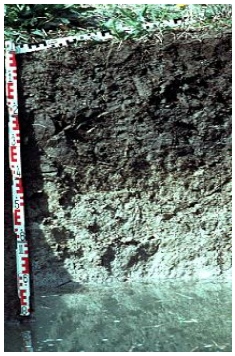
Nas ombreiras mais escarpadas normalmente há solos rasos ou afloramento de rochas

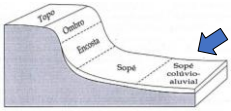
Na meia encosta normalmente há solos pouco profundos





No sopé colúvio aluvial normalmente há solos hidromórficos (com excesso de água)

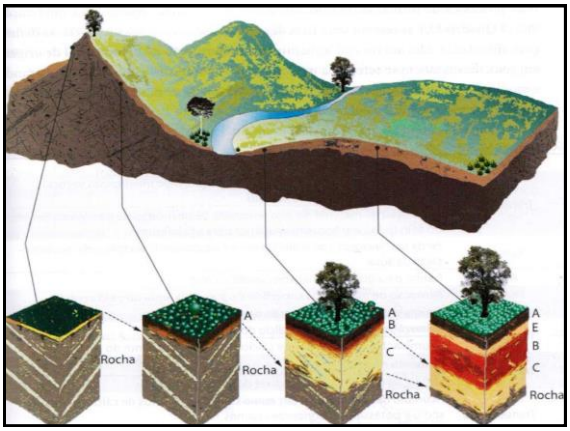




No sopé colúvio aluvial normalmente há solos hidromórficos (com excesso de água)

Catena

- Sequência regular de solos associada com o relevo



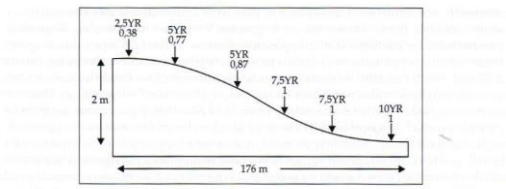


Figura 7. Variação da razão goethita/(goethita + hematita) em topossequência de Latossolos desenvolvidos de basalto no Brasil Central.
Fonte: Curi & Franzmeier (1984).

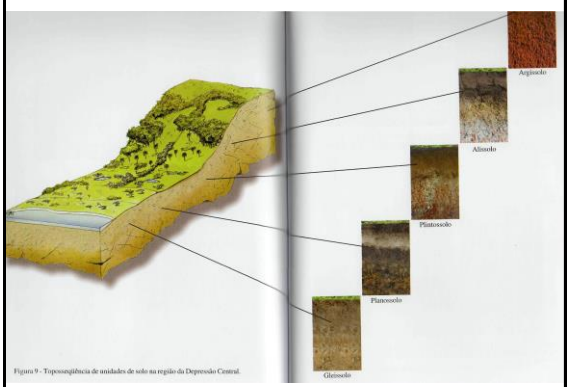
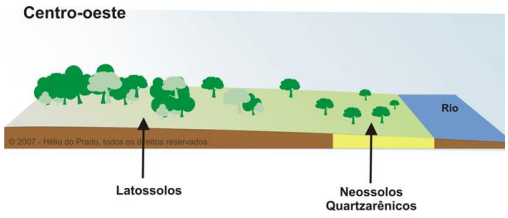
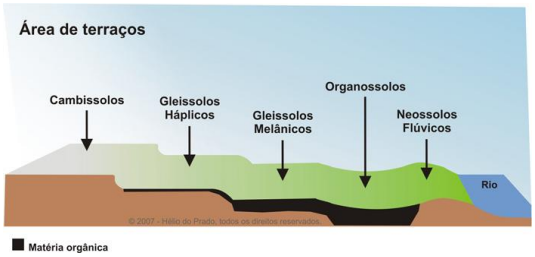
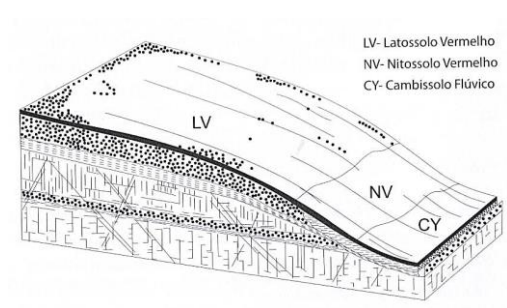
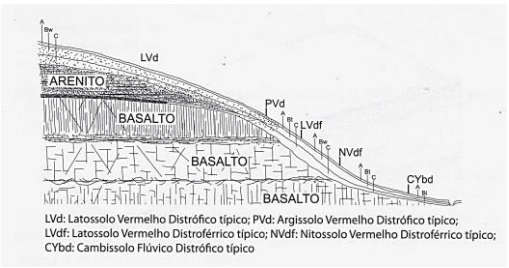


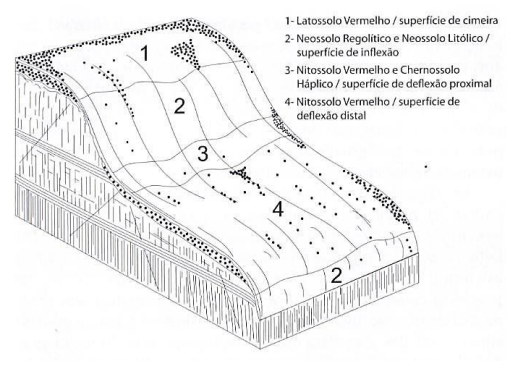
Figura 9 - Topossequência de unidades de solo na região da Depressão Central.



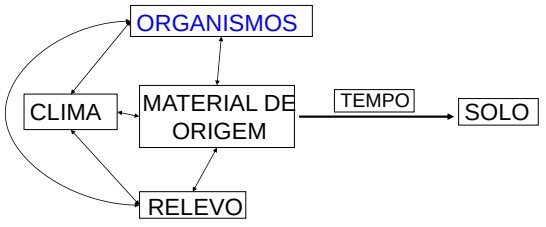




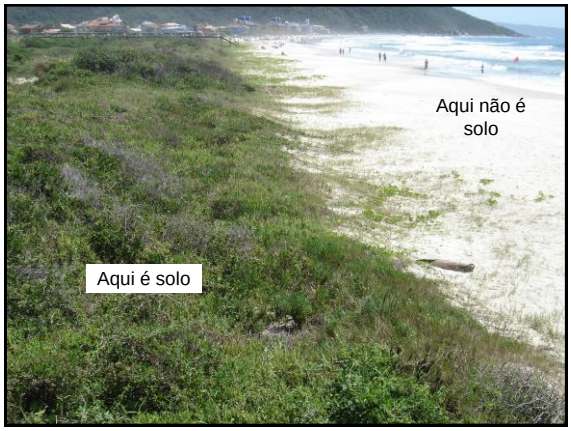




FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO

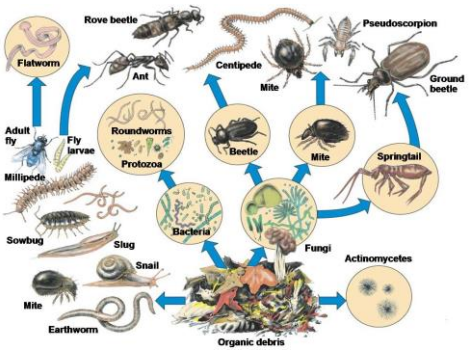


ORGANISMOS VIVOS



Organismos

- Microflora
- Microfauna
- Macroflora
- Macrofauna
- (Ser humano)



Ações dos organismos na pedogênese

a) Processos fisiológicos (absorção de água e compostos dissolvidos, transpiração, respiração exsudação, etc.)

Ações dos organismos na pedogênese

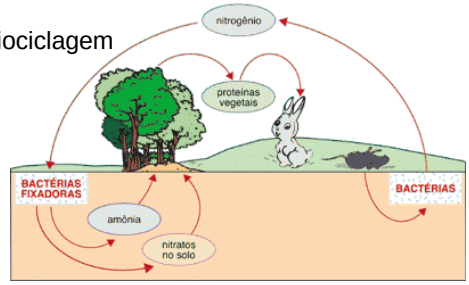
b) Proteção do solo

Ações dos organismos na pedogênese

c) Adição de matéria orgânica (superfície e interior do solo)

Ações dos organismos na pedogênese

d) Biociclagem



Ações dos organismos na pedogênese

e) Fixação de solos arenosos

Ações dos organismos na pedogênese

f) Intemperismo

Ações dos organismos na pedogênese

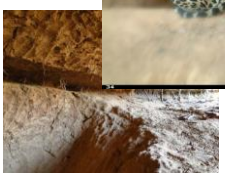
g) Produção de compostos orgânicos

Ações dos organismos na pedogênese

h) Bioturbação

Ações dos organismos na pedogênese

h) Bioturbação



HUMANO

O ser humano interfere na pedogênese?

Quadro 5. Atividades agrícolas e seu possível efeito no solo e no ambiente

Atividade humana	Efeito no solo ou ambiente
Remoção da vegetação e queimadas	Perda de matéria orgânica e de nutrientes
Adição de adubos orgânicos e minerais	Ganho de matéria orgânica e de nutrientes
Calagem	Diminuição da acidez e toxidez
Irrigação	Mudança no regime de umidade; risco de salinização; oxirredução
Drenagem	Mudança no regime de umidade; oxidação
Lavração	Mistura de horizontes; compactação do solo; erosão; perturbação da flora e fauna
Adição de biocidas	Influenciam flora e fauna; poluição do solo
Excessivo preparo do solo e pisoteio	Compactação, erosão

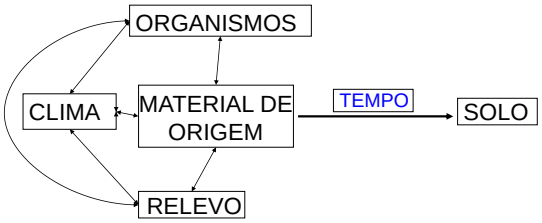
Terra Preta de Índio

Sambaqui

Destruição do solo pela mineração

Destruição do solo por cortes e aterros

FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO



TEMPO

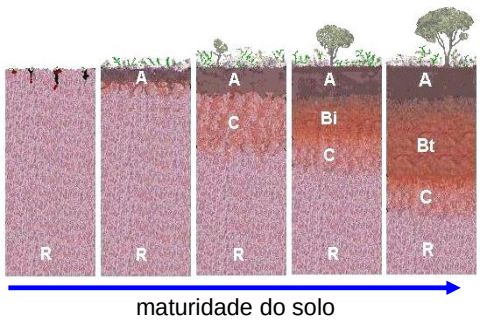
TEMPO

- Tempo é um fator passivo
- Qual é o tempo “zero” ?
- Quanto tempo leva para o solo ficar maduro? E quando ele fica maduro?

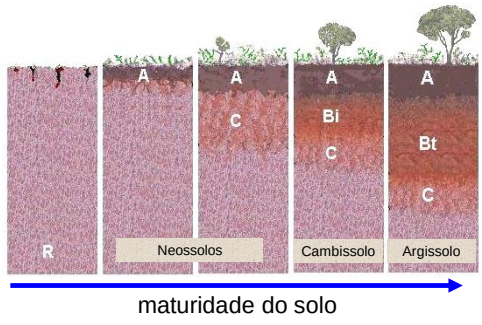
TEMPO

A quantidade de horizontes pode ser um indicativo de maturidade do solo

TEMPO

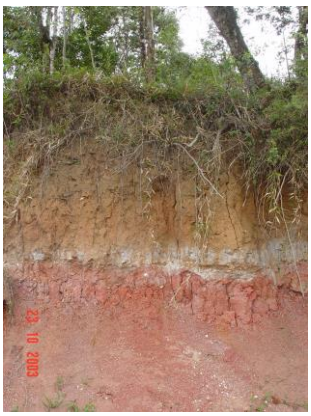


TEMPO



TEMPO

- Tempo é um fator passivo
- Qual é o tempo “zero” ?
- Quanto tempo leva para o solo ficar maduro? E quando ele fica maduro?
- O tempo é uma variável estável?



TEMPO

- Raros são os solos da superfície terrestre formados antes do Cenozóico (65 m.a.)
- A maioria formou-se no Quaternário (até 1,6 m.a)
- No entanto há solos bem mais jovens (Vertissolos no RS – 20.000) (Organossolos no RS – 4.000)

TEMPO

Maturidade (evolução) de um solo não é sinônimo de idade absoluta (cronologia).

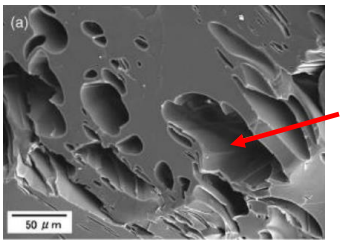
Neossolos Quartzarênicos podem ser solos cronologicamente velhos, mas jovens do ponto de vista da evolução genética

Já os Latossolos são considerados solos geneticamente maduros

Solo Jovem

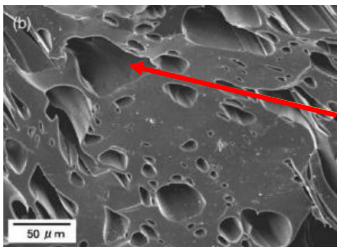
Solo Velho

• **Lava T – 1.100 anos**



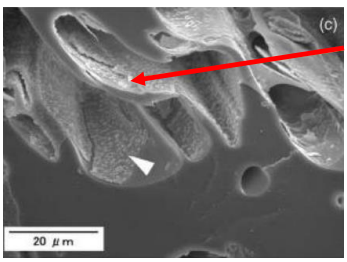
Sem produtos de intemperismo

• **Lava K – 1.800 anos**



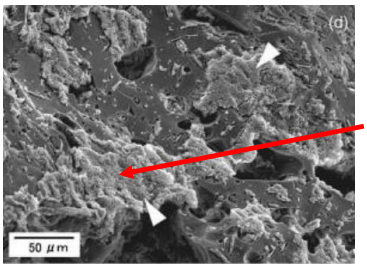
Sem produtos de intemperismo

• **Lava O – 26.000 anos**



Produtos de intemperismo

• **Lava A – 52.000 anos**



Produtos de intemperismo

PEDOMETRIA

• **Formação do solo é a função da interação dos fatores. (Jenny, 1941)**

$$S = f(cl,o,r,p,t)$$

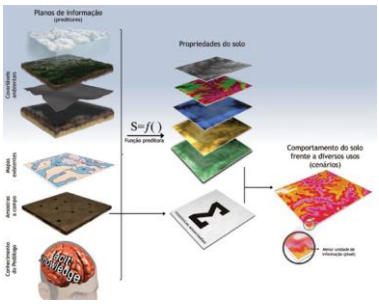
- **S = SOLO**
- **cl = clima**
- **o = organismos**
- **r = relevo**
- **p = material de origem (parental material)**
- **t = tempo**

PEDOMETRIA

$$S = f\,(s,c,o,r,p,a,n)$$

•**S** = Classe de solo ou atributos
s = solo (propriedades previamente conhecidas
c = clima
o = organismos
r = relevo
p = Material de origem (parent material)
a = age (idade, tempo)
n = posição espacial (geográfica)

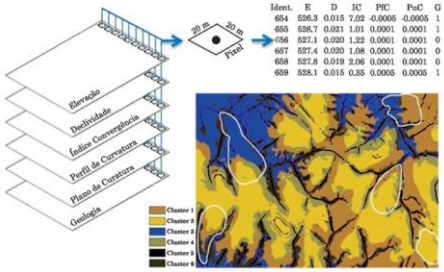
PEDOMETRIA



http://mundogeo.com/blog/2009/10/21/mapeamento-digital-de-solos

PEDOMETRIA

Mapeamento de solos



Arruda et al., 2013
Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000200004

PEDOMETRIA

Qualidade da informação

PEDOMETRIA

Qualidade da informação