

Universidade Federal do Acre

Gênese e Morfologia do Solo

Prof. Dr. José Ribamar T. Silva¹

¹ Prof. Adjunto IV do Departamento de Ciências Agrárias da UFAC.
Doutor em Solos e Nutrição Mineral de Plantas.

Gênese e Morfologia do Solo

Importância da Disciplina

a) Para o Curso

- **Solos I (Gênese e Morfologia do Solo)**
 - **Pré-requisito de Solos III (Classificação)**

b) Para o Profissional

- **80-90% da produção agrícola: f(solo).**
- **Conteúdos de concursos públicos;**
- **Carência de especialistas em pedologia.**

Universidade Federal do Acre

Unidade 1

1.1 - Conceitos e as Ciências do Solo

Prof. Dr. José Ribamar T. Silva¹

¹ Prof. Adjunto IV do Departamento de Ciências Agrárias da UFAC.
Doutor em Solos e Nutrição Mineral de Plantas.



Gênese e Morfologia do Solo



Conceitos de Solo/Área

. Geologia

- Produto de intemperização das rochas ou seja é o **material não consolidado** com elevado grau de intemperização.

. Engenharia Civil

- Manto de rochas intemperizadas (Regolito).

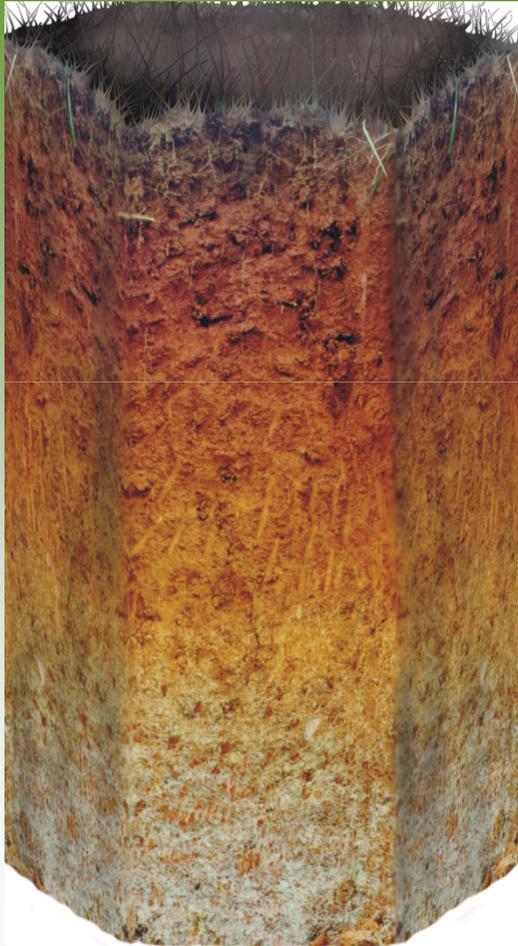
. Pedologia

- Corpos naturais organizados, com características próprias adquiridas → Ação dos **Fatores e Processos** de Formação e que evoluem através dos estágios de **gênese, maturação e degradação**.

Gênese e Morfologia do Solo



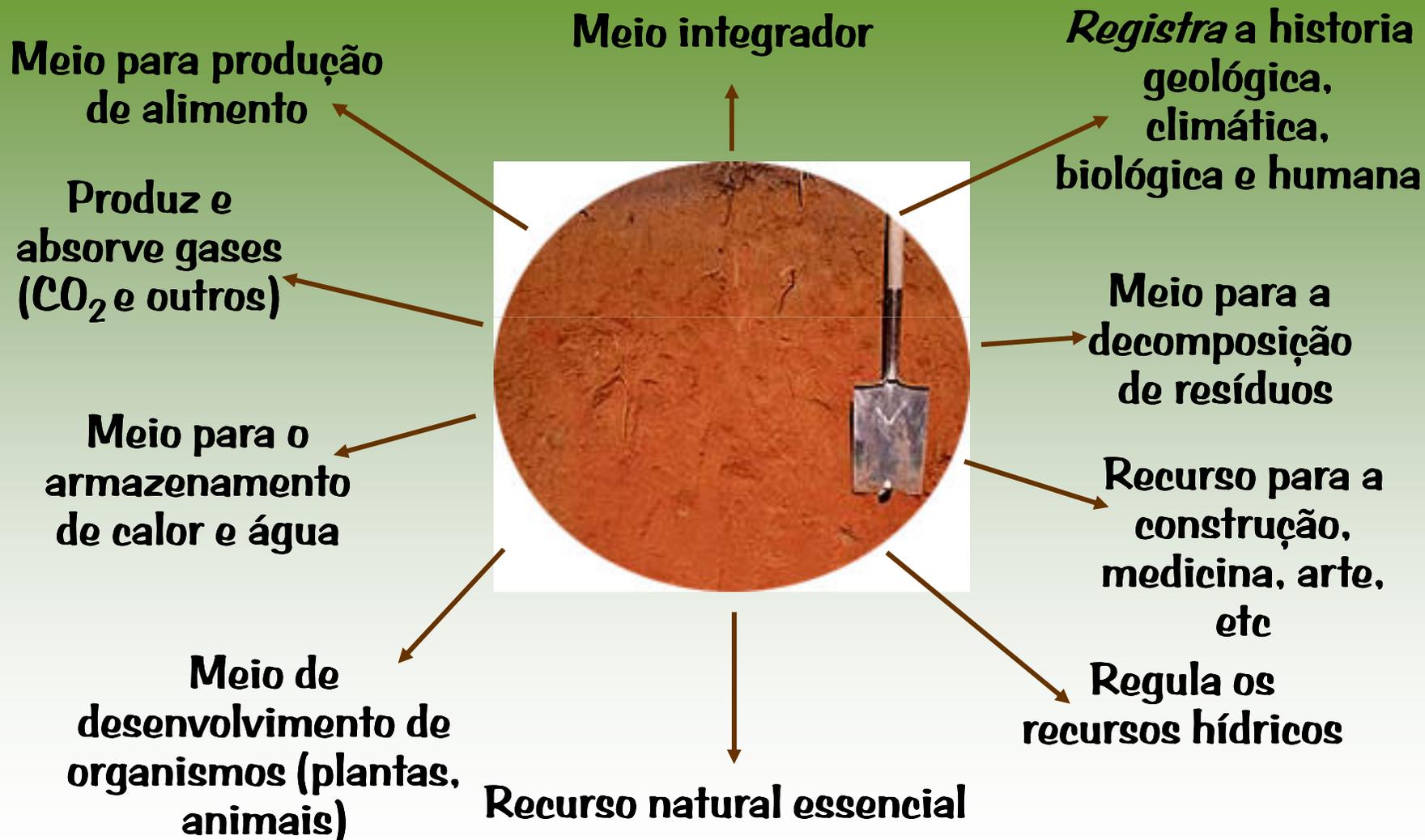
Conceito - EMBRAPA



São corpos naturais, constituídos de partes **sólidas**, **líquidas** e **gasosas**, tridimensionais, **dinâmicos**, formados por materiais **minerais** e **orgânicos**, que ocupam a maior parte do **manto superficial** das extensões continentais do nosso planeta, contém **matéria viva** e podem ser vegetados na natureza. Ocasionalmente, podem ter sido modificados por **atividades humanas** (Embrapa, 1999).

Gênese e Morfologia do Solo

Para que serve o "SOLO"?





Gênese e Morfologia do Solo



As Ciências do Solo

Geologia → Estudo do solo → origem, dando ênfase ao fator genético das **rochas** → às camadas mais profundas.

Edafologia → Estudo do solo → **Utilização agrícola.**

Pedologia → Estudo do solo → Aspectos relacionados com sua **origem, características, descrição e classificação**, não entrando no estudo das relações solo-planta.



Gênese e Morfologia do Solo



Pedologia?

Pedologia = Gênese + Morfologia

Gênese

- Estuda/explica o **desenvolvimento do solo** a partir de um material de origem até o presente estágio, sendo capaz de prever sua evolução.
- **Fatores e Processos de Formação** do solo.

Morfologia

- Estuda as **características morfológicas** do solo (visíveis ou perceptíveis por manipulação) através de uma **metodologia padronizada**, descrevendo a **aparência** do solo no campo.

Gênese do Solo

Clima



Organismos vivos

Relevo

Formação
do Solo

Tempo



Material de origem



Gênese e Morfologia do Solo



Morfologia do Solo

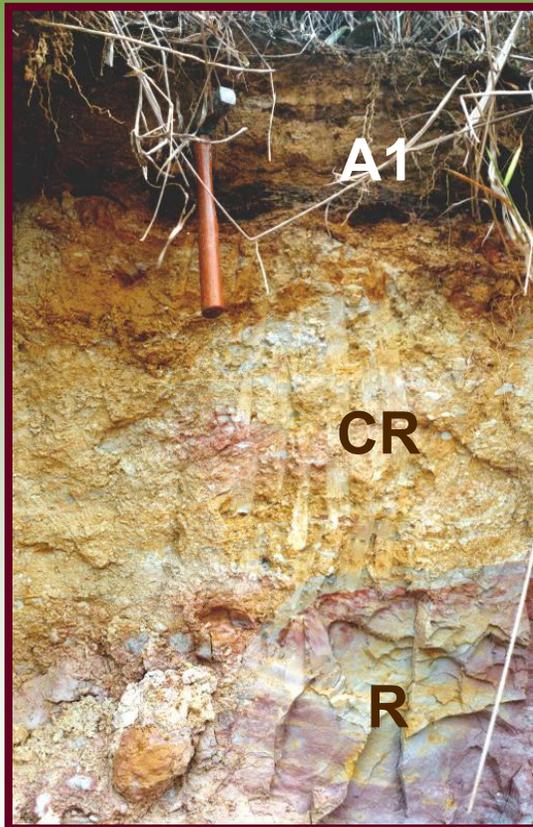
- Descrição do Solo:

- . Características → Ambiente/solo se desenvolveu**
 - .. Relevo, vegetação, material de origem, Erosão ...**

- . Características Internas:**
 - .. Cor, estrutura, transição ... (Visíveis).**
 - .. Textura, consistência ... (Perceptíveis).**

Gênese e Morfologia do Solo

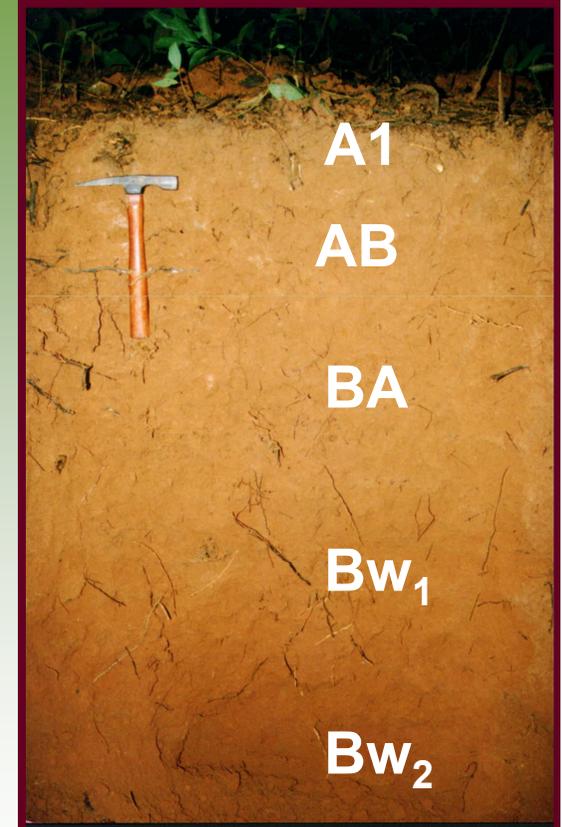
Morfologia do Solo



Descrição Morfológica de Perfil de Solo a Campo



Horizontes
e
Camadas



Gênese e Morfologia do Solo

Morfologia x Classificação

Descrição
Morfológica



Universidade Federal do Acre

1.2 - Solo como sistema trifásico

Prof. Dr. José Ribamar T. Silva¹

¹ Prof. Adjunto IV do Departamento de Ciências Agrárias da UFAC.
Doutor em Solos e Nutrição Mineral de Plantas.

SOLO COMO SISTEMA TRIFÁSICO

Fases: Sólida, líquida e gasosa.

① Sólida

- . Colóides do solo: - Fração mineral (Areia, silte, argila)
- Fração orgânica.

② Líquida (Solução do Solo)

- . Cátions: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} ...
- . Ânions: NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , $H_2PO_4^-$, HPO_4^- ...

③ Gasosa

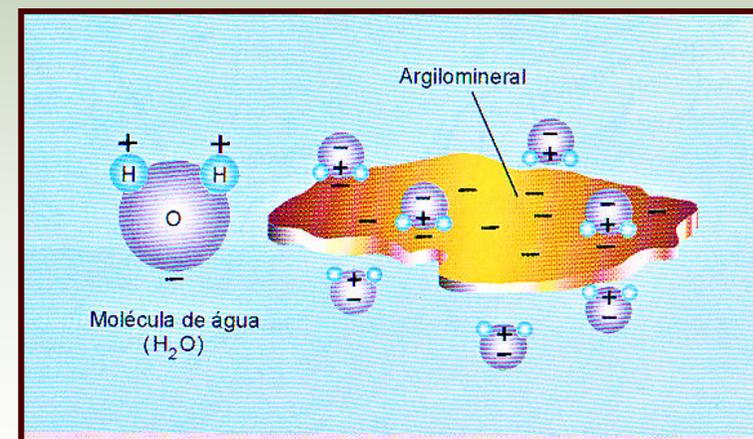
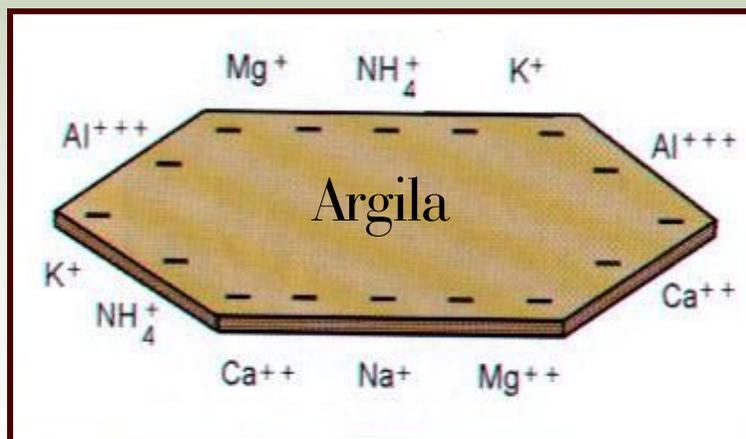
- . Mistura complexa de gases (N_2 , O_2 , CO_2).

Gênese e Morfologia do Solo

Importância:

① Fase Sólida

- . Fonte potencial de nutrientes.
- . Retenção de água e nutrientes (carga elétrica).
- . Características Físicas → Granulometria.
- . Acidez do solo.



Gênese e Morfologia do Solo

Fase Sólida x Granulometria x Textura

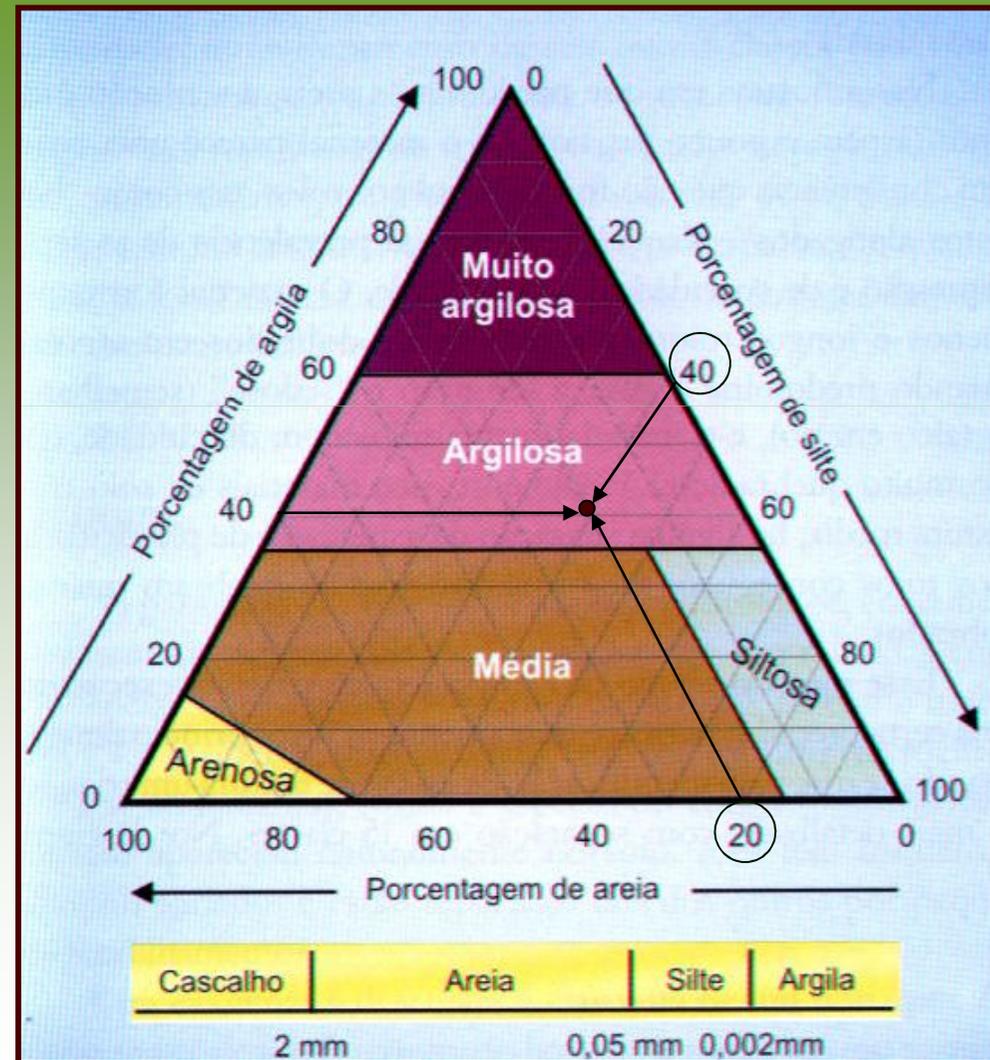
Granulometria:

- Areia = 20%
- Silte = 40%
- Argila = 40%



Textura do Solo?

Argilosa





Gênese e Morfologia do Solo



Importância:

② Fase Líquida

- . Meio de onde as plantas absorvem nutrientes.
- . Mecanismos de suprimento às raízes.
- . Toxidez de Al, Mn, metais pesados.
- . Equilíbrio dinâmico com a Fase Sólida.



Gênese e Morfologia do Solo



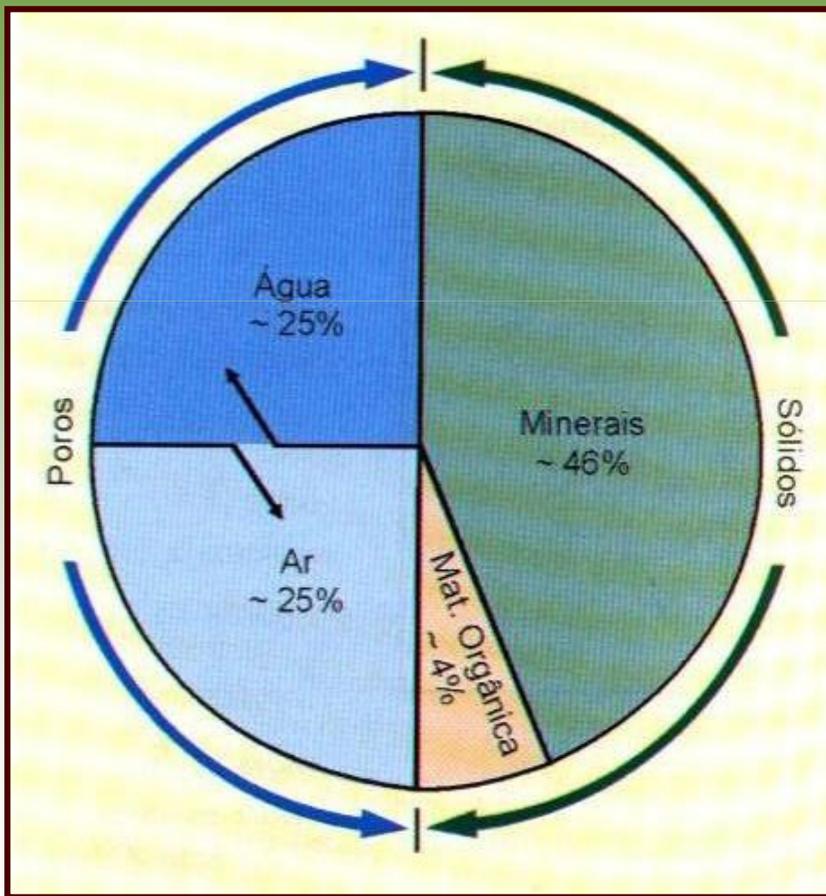
Importância:

③ Fase Gasosa

- . Presença de O_2 → Ambiente de oxidação.
 - Microrganismos Aeróbios.
 - Solos Avermelhados
- . Ausência de O_2 → Ambiente de redução.
 - Microrganismos Anaeróbios.
 - Solos Acinzentados.
- . Processo de respiração.

Gênese e Morfologia do Solo

Fases Gasosa x Líquida x Ambiente do Solo



F. Gasosa >> F. Líquida

Oxidação

F. Líquida >> F. Gasosa

Redução

Gênese e Morfologia do Solo

O Solo como Sistema Trifásico

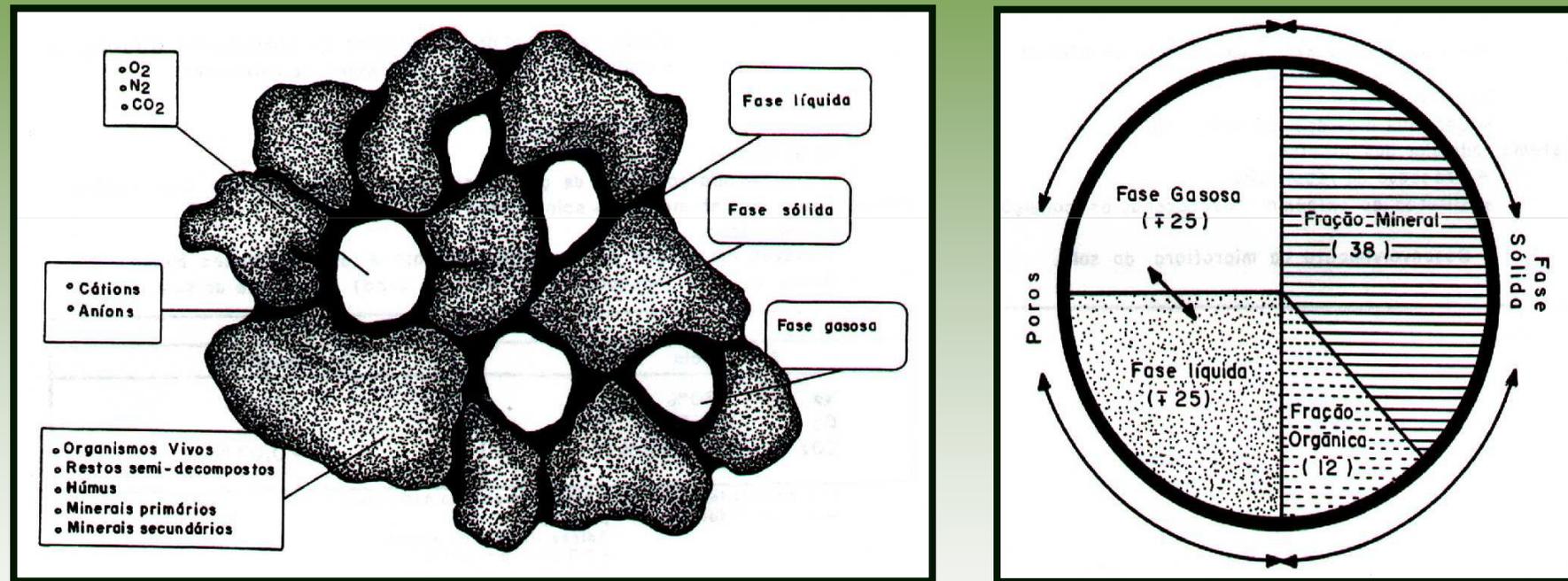


Figura 1. Representação esquemática do solo como sistema trifásico.

Gênese e Morfologia do Solo

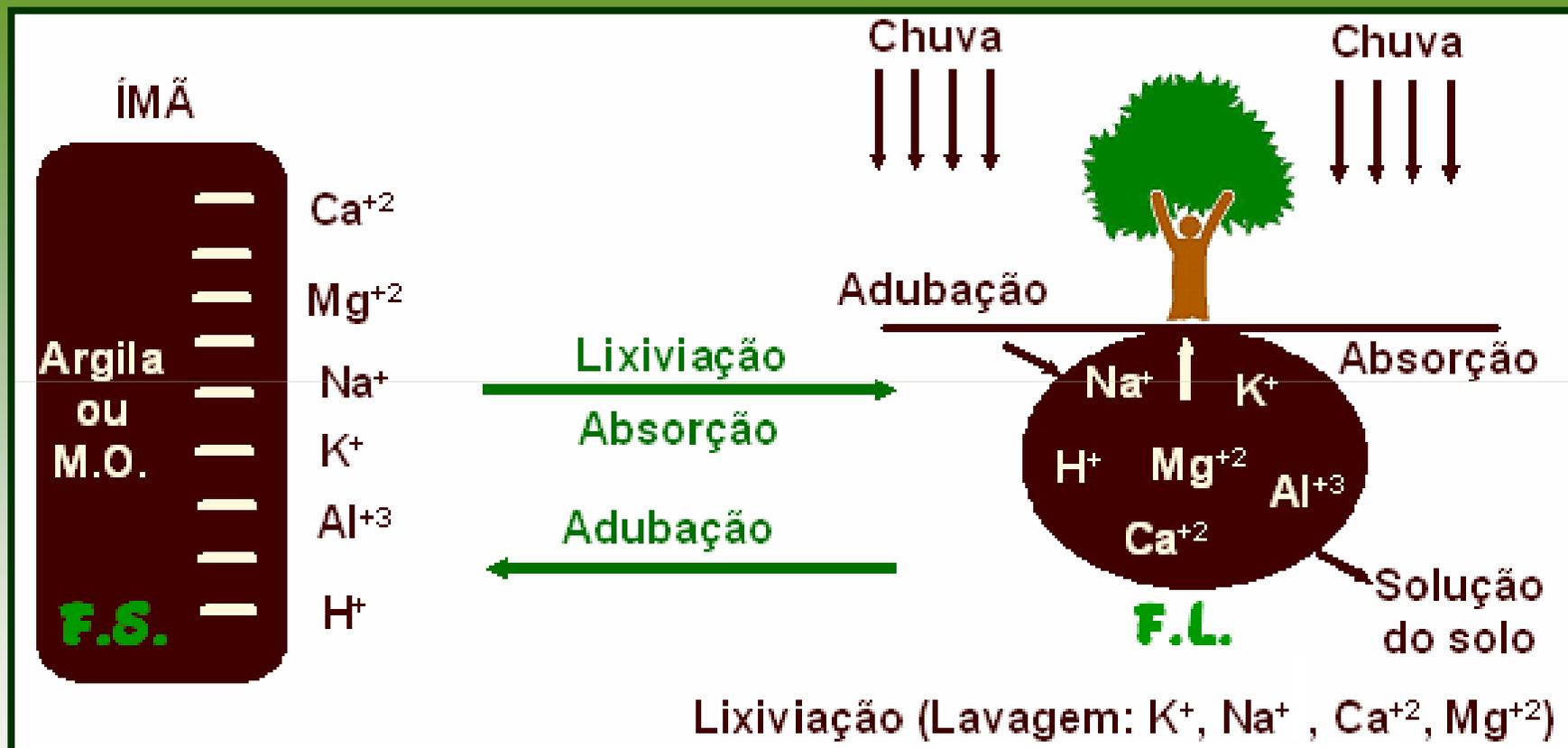


Figura 2. Representação esquemática do equilíbrio dinâmico estabelecido pelos nutrientes nas fases sólida e líquida do solo.

Universidade Federal do Acre

1.3 - Rochas

Prof. Dr. José Ribamar T. Silva¹

¹ Prof. Adjunto IV do Departamento de Ciências Agrárias da UFAC.
Doutor em Solos e Nutrição Mineral de Plantas.

1. Conceito:

São **agregados naturais** formados por um ou mais **minerais**, de composição mais ou menos constante, individualizados e que fazem parte da crosta terrestre.

2. Divisão: Origem e modo de formação

- .Rochas Magmáticas ou Ígneas;
- .Rochas Sedimentares;
- .Rochas Metamórficas.

Gênese e Morfologia do Solo

Rochas

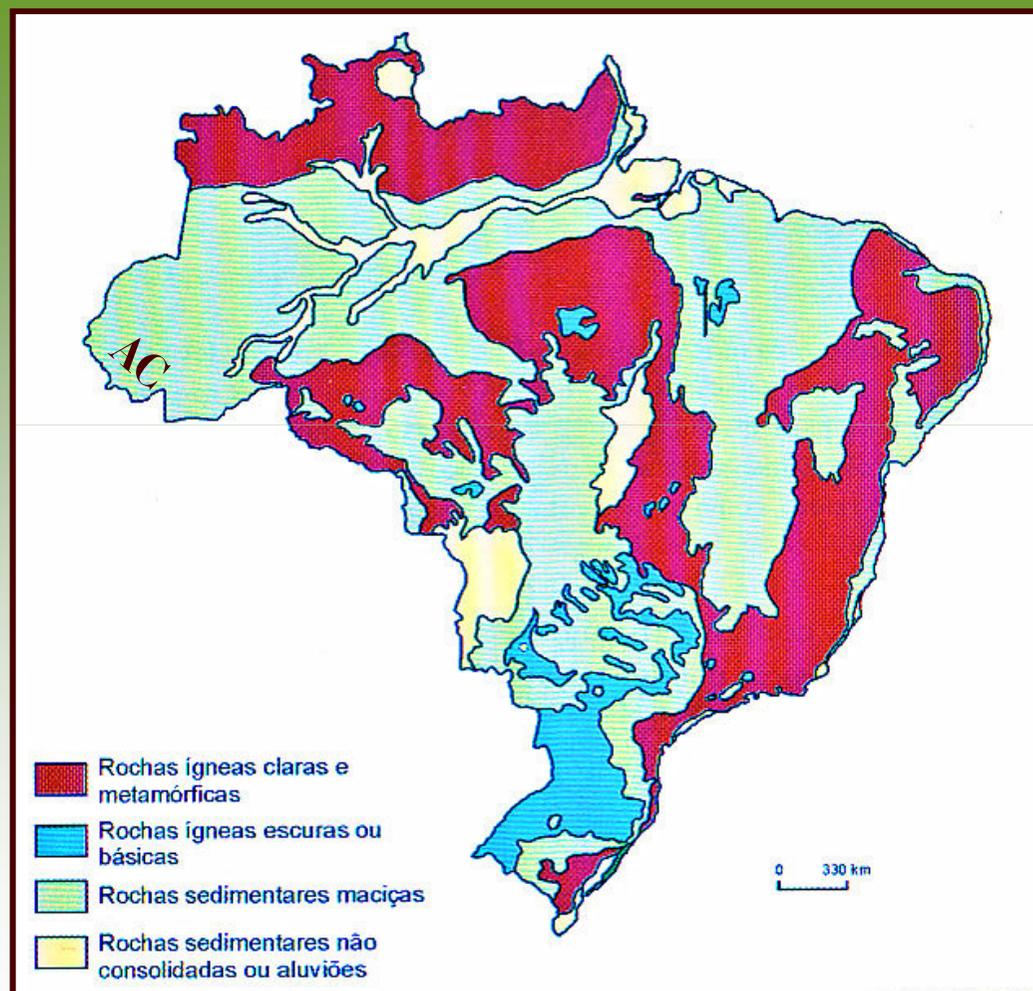


Figura 1. Rochas do Brasil

2.1. Rochas Magmáticas

São originadas da **massa ígnea** do interior da crosta terrestre, ou seja, são produtos da **consolidação do magma** pelo seu resfriamento.

2.1.1. Classificação: f(Resfriamento do magma).

- Rochas Vulcânicas, Extrusivas ou Efusivas

- . Formadas na superfície;
- . Resfriamento do magma na superfície e de forma rápida → formação de minerais menores (invisíveis a olho nu);
- . Forma de derrames;
- . Ex. **Basalto**.

Gênese e Morfologia do Solo

Rochas

- Derrame Basáltico





Gênese e Morfologia do Solo



Rochas

- Rochas Plutônicas, Intrusivas ou Abissais

- . Formadas em profundidade.
- . Resfriamento e consolidação do magma → em profundidade e de forma lenta.
- . Formação de minerais maiores (visíveis a olho nu).
- . Ex. **Granito**.

2.1.2. Classificação: f(Textura)

- Faneríticas:

- . Rocha com textura grosseira (minerais visíveis a olho nu);
- . Resfriamento do magma lento e em profundidade com o aprisionamento de substâncias voláteis.
- . Cristalização dos minerais;
- . Ex.: **Granito**.

2.1.2. Classificação: textura (cont.):

- Afaníticas

- . Rocha com textura fina (minerais invisíveis a olho nu):
- . Resfriamento do magma rápido na superfície sem o aprisionamento de substâncias voláteis.
- . Ex.: **Basalto**.

2.1.3. Classificação: f (% SiO₂):

- . **Rochas ácidas** → Cores mais claras: > 65 % SiO₂.
- . **Rochas neutras** → Tendendo p/ cinza: 65-52 % SiO₂.
- . **Rochas básicas** → Cores escuras: 52-45 % SiO₂.
- . **Rochas ultrabásicas** → < 45% SiO₂.



Gênese e Morfologia do Solo



Rochas

- **Ex. Rochas magmáticas f(teor de sílica):**
 - . **Granito** → Rocha ácida.
 - . **Basalto** → Rocha básica.
 - . **Sienito** → Rocha neutra.

2.1.4. Classificação: Teor de minerais escuros:

- . **Leucocráticas** → < 30 % de minerais escuros.
- . **Mesocráticas** → 30 – 60 % de minerais escuros.
- . **Melanocráticas** → > 60 % de minerais escuros.

2.2. Rochas Sedimentares

- . São rochas oriundas do **acúmulo de materiais** de outras rochas que lhes precederam.
- . Formam-se devido à destruição natural (intemperismo) de qualquer das rochas (magmáticas, metamórficas e mesmo sedimentares).
- . Material assim originado pode ser **transportado e depositado**, seguindo-se sua transformação em rocha.
- . Podem ser classificadas em:
Clásticas, Químicas e Orgânicas.

2.2.1. Rochas Sedimentares → Clásticas

. Constituídas por fragmentos desagregados de outras rochas (magmáticas, metamórficas e mesmo sedimentares) → transportados para outras regiões e **depositados em estratos (camadas)**.

Exemplos: Brechas, Conglomerados e Arenito(s).

2.2.2. Rochas Sedimentares → Químicas.

. São formadas a partir da precipitação, evaporação, dissolução, ação coloidal ou ainda por uma reação química.

2.2.2. Rochas Sedimentares → Químicas

Processos Envolvidos:

.Precipitação → Os materiais são finamente cristalizados (**Estalactites**).

.Evaporação → Os cristais são maiores, formados pela evaporação da água.

.Dissolução → As rochas existentes são atacadas pela água pluvial.

Exemplos: Sal-Gema, Gipsita, Calcários, Evaporitos etc.

2.2.3. Rochas Sedimentares → Orgânicas

- São derivadas de **resíduos orgânicos** de qualquer natureza. São formadas pela ação indireta dos seres vivos, vegetais ou animais.

2.2.4. Diagênese das Rochas Sedimentares

- **Compactação** → Redução volumétrica causada pelo peso das camadas superiores e a conseqüente expulsão de líquidos. Processo comum em rochas argilosas (**argilitos e folhelhos**).

Rochas

- . **Cimentação** → Deposição de minerais nos espaços vazios, causando uma colagem.
- . **Recristalização** → Os minerais recristalizam-se formando minerais maiores. Ex. formação da **gipsita**.

2.4.1. Formação de uma Rocha Sedimentar:

- . Rocha mãe como fonte de material;
- . Agentes que desagreguem e desintegrem a rocha;
- . Agente transportador de sedimentos;
- . Deposição do material transportado;
- . Consolidação dos sedimentos (por peso e/ou sedimentação - **Figura 2**).

Grênese e Morfologia do Solo

Rochas

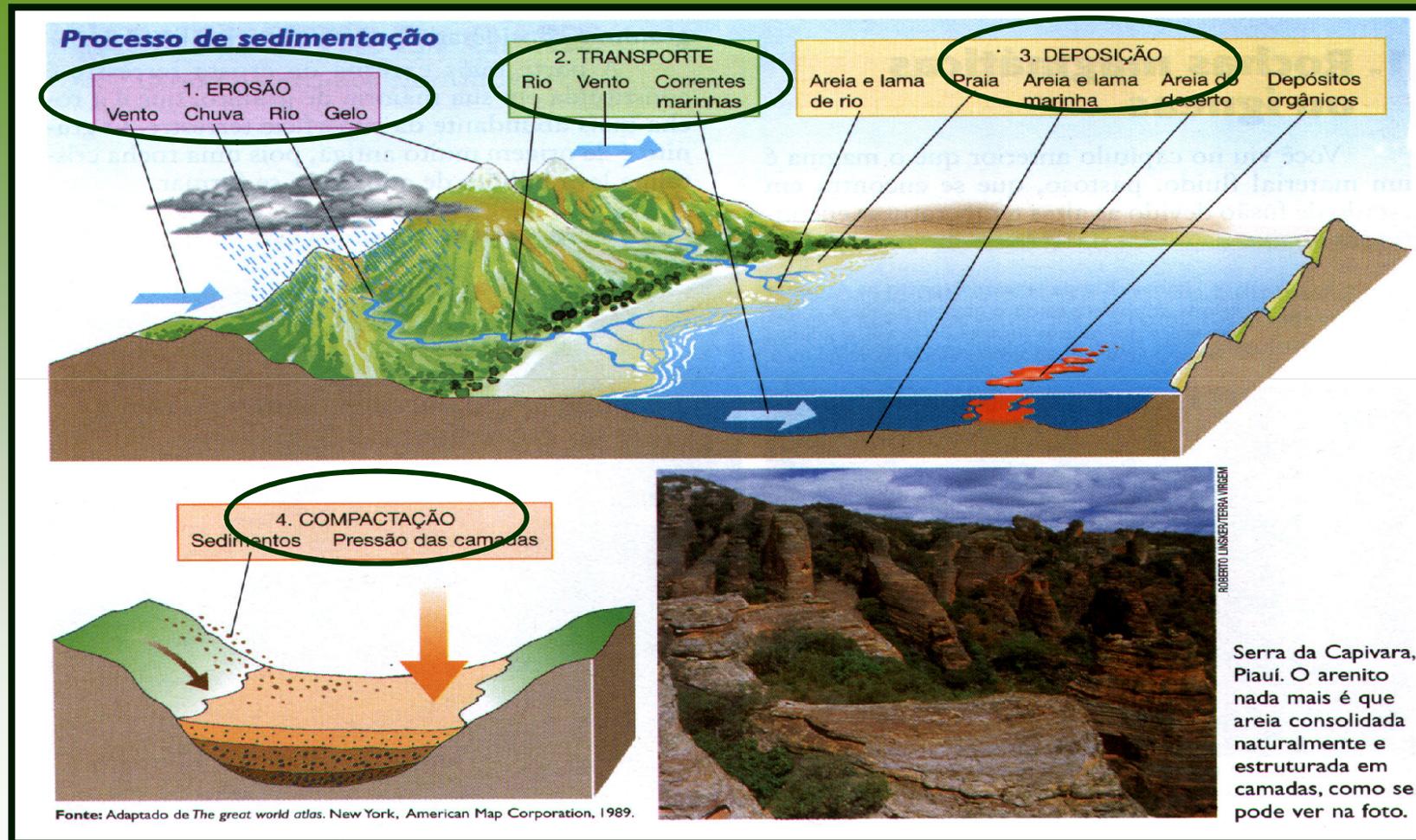


Figura 2. Processo de formação de rochas sedimentares.



Gênese e Morfologia do Solo



Minerais

Rochas Metamórficas

. São rochas originadas do metamorfismo (transformação) de outras rochas, devido principalmente calor, pressão e fluidos, ocorrendo no interior da crosta terrestre.

Exemplos:

Granito (Magmática) → **Gnaisse**

Arenito (Sedimentar) → **Quartzito**

Calcário (Sedimentar) → **Mármore**

Gênese e Morfologia do Solo

Minerais

Avaliação da Aprendizagem

1. Observe as fotos a seguir e classifique as rochas em pelo menos dois critérios:



**Gipsita:
Sedimentar,
Química.**

Foto 01

Avaliação da Aprendizagem

1. Observe as fotos a seguir e classifique as rochas em pelo menos dois critérios:



**Basalto:
Magmática,
Extrusiva,
Básica,
Afanítica,
Melanocrática.**

Foto 02

Gênese e Morfologia do Solo

Minerais

Avaliação da Aprendizagem

1. Observe as fotos a seguir e classifique as rochas em pelo menos dois critérios:

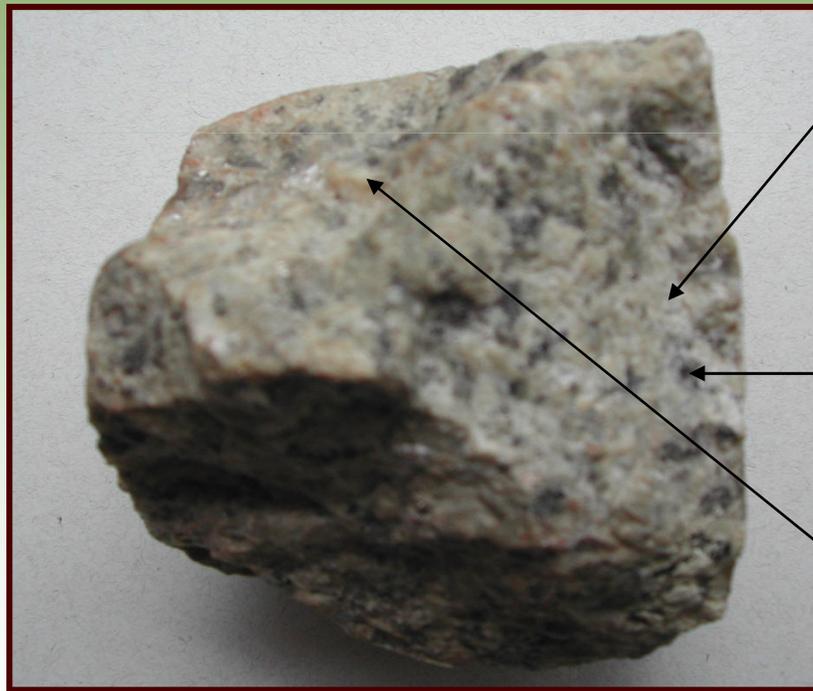


**Arenito:
Sedimentar,
Clástica.**

Foto 03

Avaliação da Aprendizagem

1. Observe as fotos a seguir e classifique as rochas em pelo menos dois critérios:



Quartzo

Mica

Feldspato

Granito:
Magmática,
Intrusiva,
Ácida,
Fanerítica,
Leucocrática.

Foto 04

Gênese e Morfologia do Solo

Minerais

Avaliação da Aprendizagem

1. Observe as fotos a seguir e classifique as rochas em pelo menos dois critérios:



**Argilito/Siltito:
Sedimentar,
Clástica.**

Foto 05

Avaliação da Aprendizagem

1. Observe as fotos a seguir e classifique as rochas em pelo menos dois critérios:



**Conglomerado:
Sedimentar,
Clástica.**

Foto 06

Universidade Federal do Acre

1.4 - Minerais

Prof. Dr. José Ribamar T. Silva¹

¹ Prof. Adjunto IV do Departamento de Ciências Agrárias da UFAC.
Doutor em Solos e Nutrição Mineral de Plantas.



Gênese e Morfologia do Solo



Minerais

1. Conceito.

. É um **elemento** ou **composto químico** resultante de processos inorgânicos, de **composição química definida**, estrutura interna ordenada e encontrado naturalmente na crosta terrestre.

2. Minerais Primários

. Provém diretamente da **rocha**, se mantêm inalterados em sua composição e constituem as frações **areia** e **silte** dos solos.

Ex: Quartzo, Feldspatos, Micas, Plagioclásios, Piroxênios, Anfibólios, Olivinas ...



Gênese e Morfologia do Solo



3. Importância dos Minerais Primários:

- . Grau de evolução pedogenética dos solos;**
- . Reserva de nutrientes essenciais p/ as plantas;**
- . Propriedades físicas e químicas dos solos.**

4. Caracterização e Importância Agrícola

4.1. Feldspatos

- . Abundância na crosta terrestre;
- . Valor sob o ponto de vista agrícola.

Ex: **Ortoclásio** ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

Albita ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

Anortita ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)

- . Importância:
 - Fácil intemperização;
 - Fontes de **K**, **Na** e **Ca**.

4.2. Piroxênios e Anfibólios

- . São silicatos ferro-magnesianos de coloração escura.
- . Constituintes das rochas ígneas (extrusivas).
- . Ex. Augita e Hornblenda
- . São os mais abundantes, depois dos Feldspatos, na litosfera.
- . Importância Agrícola:
 - Fornecedores de **Ca**, **Mg** e **Fe** para as plantas.

4.3. Olivinas

- . Encontrado → Rochas básicas e ultra-básicas como diabásio e **gabro**.
- . Importância Agrícola:
 - Liberação via intemperismo de **Fe, Mg, Ca e sílica** no solo.

4.4. Micas

- . São silicatos hidratados de alumínio com **K** e **Na** ou **Fe** e **Mg**;
- . São constituintes das rochas ígneas, metamórficas, sedimentares ou mesmo dos solos.

- . Importância agrícola: Fontes de **K**, **Fe** e **Mg**
 - Muscovita → mica potássica, geralmente **incolor**, muitas vezes avermelhada ou brunada;
 - * Biotita → mica ferro-magnésiana (preta) tem **K** em quantidade apreciável.

- * Mais fácil intemperização → Oxidação **Fe** estrutural

4.5. Apatitas

. São os fosfatos de cálcio com flúor ou cloro.

. Ocorrência:



. Importância Agrícola:

- Abundância e facilidade de intemperização

→ Principais fontes naturais de **P** para as plantas.

4.6. Quartzo

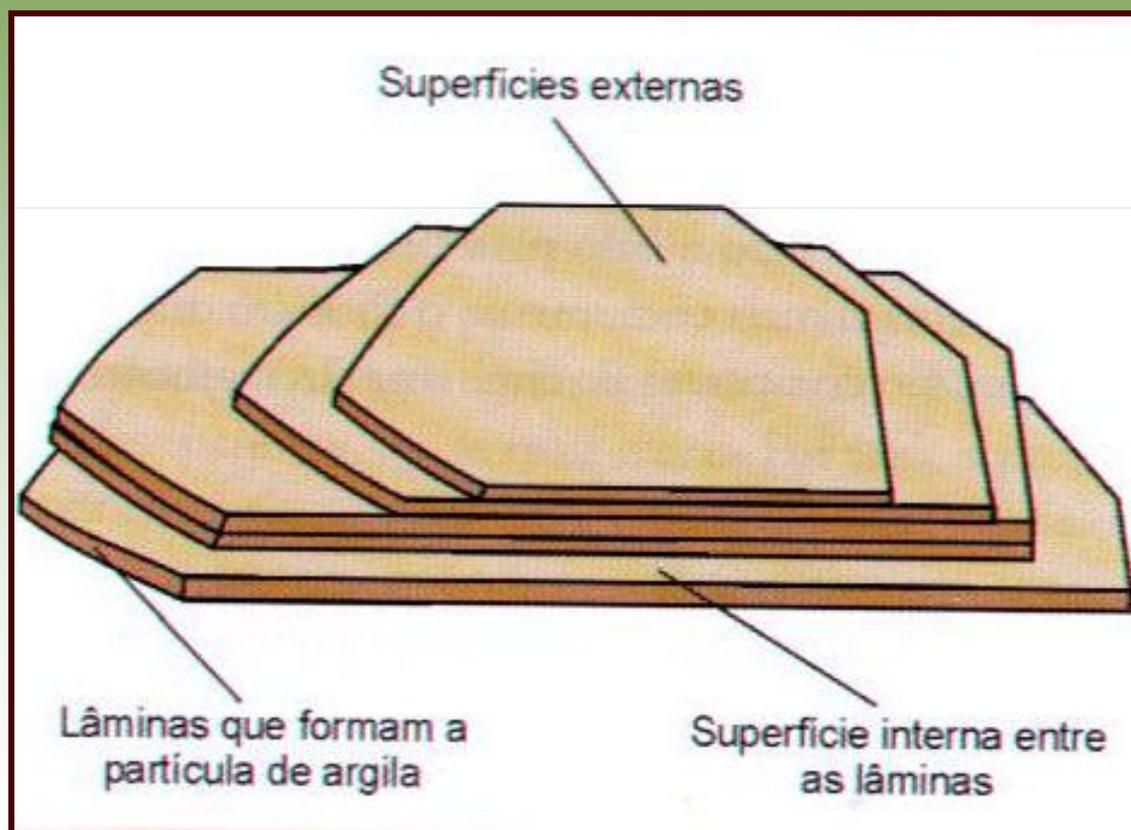
- . Mineral **extremamente resistente** ao intemperismo fragmenta-se, mas não se altera quimicamente.
- . Ocorre nas rochas ígneas, metamórficas, sedimentares e nos **solos**, mesmo bem intemperizados.
- . Importância Agrícola:
 - Como fonte de nutrientes → Nenhuma.
 - Constituinte principal da fração areia do solo
 - Propriedades **físicas** (textura, densidade, estrutura) e **químicas** (CTC baixa).

5. Minerais Secundários

- . Formados sob condições de baixa temperatura, pela alteração e desintegração dos minerais primários (intemperização).
- . Presentes na fração **argila** do solo → “**Argilominerais**”
- . Importância:
 - Cargas elétricas do solo;
 - Retenção de cátions e ânions;
 - Propriedades físicas do solo (textura, estrutura...);
 - Grau de evolução dos solos.
 - Propriedades de contração e expansão.

5. Minerais Secundários

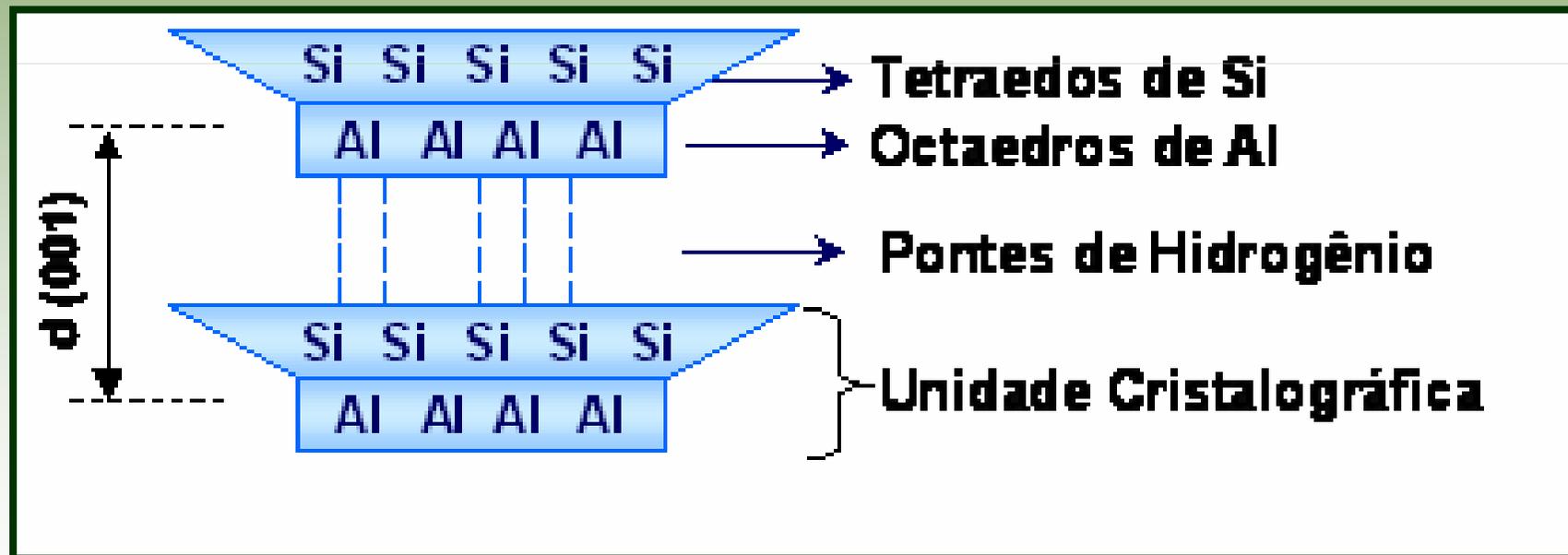
.OBS.: Filossilicatos → Minerais com estrutura em camadas.



Minerais Secundários

5.1. Minerais 1:1

Estrutura do Mineral (1:1) → CAULINITA



5.1.1. Características Gerais da Caulinita:

A - Empilhamento: 1 lâmina tetraédrica e 1 octaédrica;

B - Ligações entre as unidades: Pontes de Hidrogênio;

C - Não expansíveis → Forte ligação entre unidades;

D - $d(0,01) = 0,72$ nm;

E - CTC 3 - 10 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, dependentes de pH;

F - Mineral dominante em solos bem intemperizados;

G - Fórmula Ideal: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$;

H - Praticamente não apresentam substituição isomórfica.

5.1.2. Gênese do Mineral Caulinita:

A - Precipitações elevadas;

B - Altas temperaturas;

C - Boa drenagem:

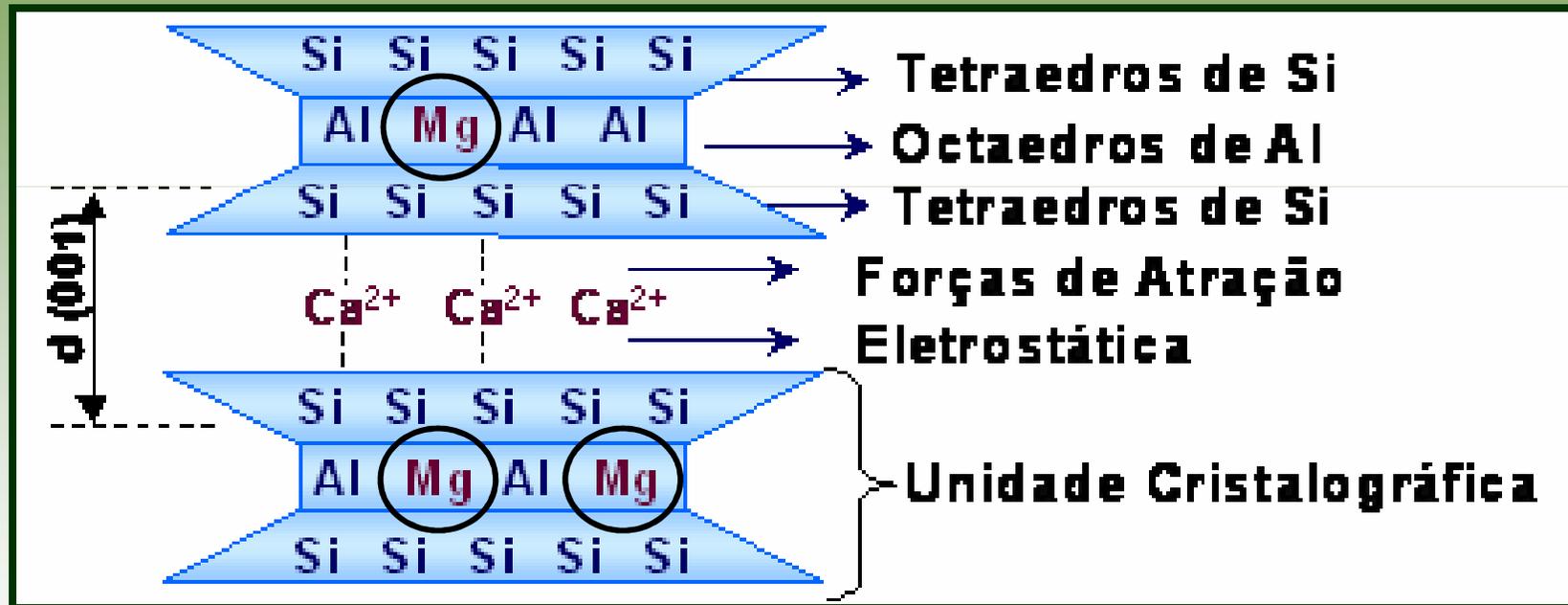
- . Intensa lixiviação **Na, K, Ca e Mg** (desbasificação) e
- . Moderada dessilificação sob condições de acidez elevada.

D - Transformação de inúmeros minerais: Mica, Feldspatos e Montmorilonita.

E - Herança: Ocorre em depósitos lacustres marinhos, fluviais como mineral herdado (jazidas).

5.2. Minerais 2:1

Montmorilonita → Substituição Isomórfica **Octaedros**



Substituição Isomórfica → Cargas negativas permanentes no mineral.

5.2.1. Mineral → 2:1 (Montmorilonita):

A - Empilhamento: 2 lâminas tetraédricas e 1 octaédrica;

B - Ligações entre as unidades: Forças de Atração eletrostática;

C - Substituição isomórfica: Al por Mg (Octaedros);

D - Alta capacidade de expansão;

E - Atividade Alta;

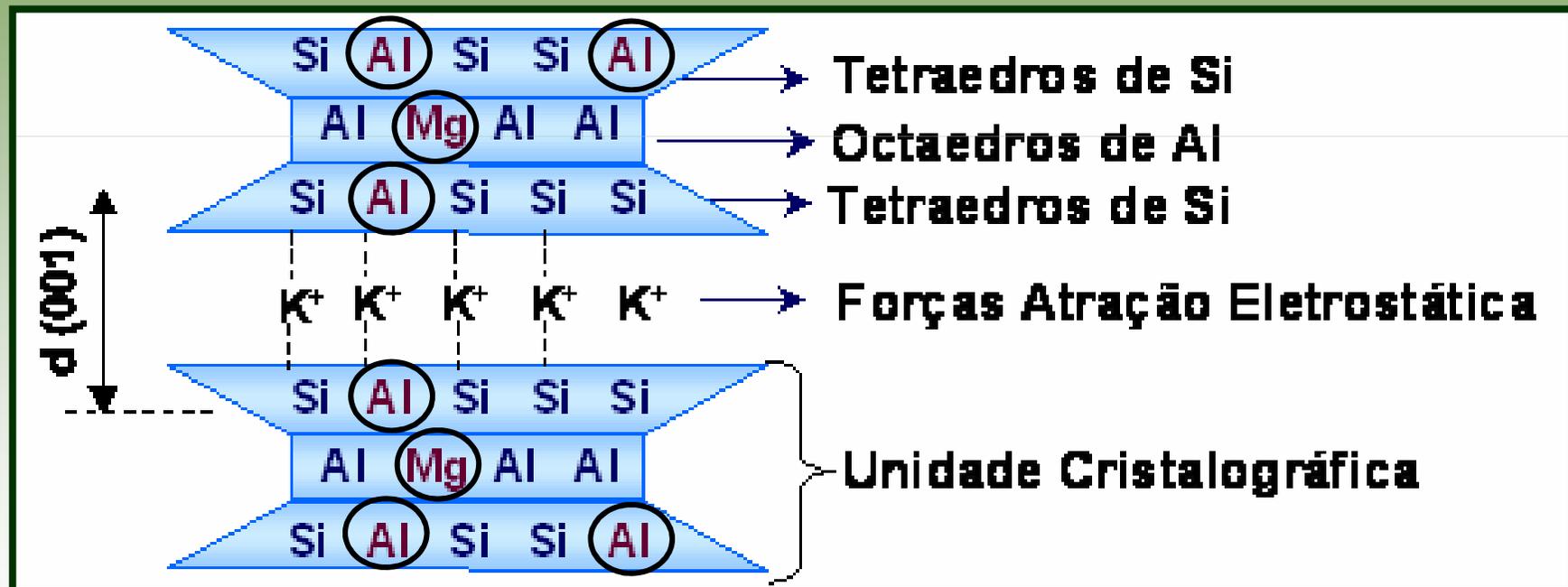
F - $d(0,01) =$ até 1,8 nm;

G - CTC 80 - 120 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$;

H - Cargas praticamente independentes de pH e sim de substituição isomórfica.

5.2.2. Mineral → 2:1 (Vermiculita)

Vermiculita → Substituição Isomórfica nos **tetraedros** e nos **octaedros**.



Substituição Isomórfica → Cargas negativas permanentes no mineral.

5.2.2.1. Características Gerais - Vermiculita:

A - Mineral 2:1;

B - Substituição Isomórfica:

- . **Si por Al (tetraedros) → Déficit de cargas, Ca^{2+} e/ou Mg^{2+} , e até mesmo K^+ e NH_4^+ (nas entrecamadas);**
- . **Al^{3+} por Mg^{2+} e/ou Fe^{2+} (Octaedros).**

C - Alta densidade de cargas;

D - Expansibilidade limitada → $d(0,01)$ até 1,4 nm;

- . **Com K^+ ou NH_4^+ praticamente não expansível.**

E - CTC 100 -160 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (Substituição Isomórfica);

F - Alta atividade (Expansão/Contração).



Gênese e Morfologia do Solo



5.2.3. Condições - Formação da Esmectita (2:1):

A - pH (6 - 7);

B - Baixa concentração de K^+ no meio;

C - Baixa concentração de Al^{3+} no meio;

D - Altas concentrações de Si , Ca e/ou Mg e Fe no meio;

E - Drenagem limitada;

F - Relevo plano a suave ondulado.



Gênese e Morfologia do Solo

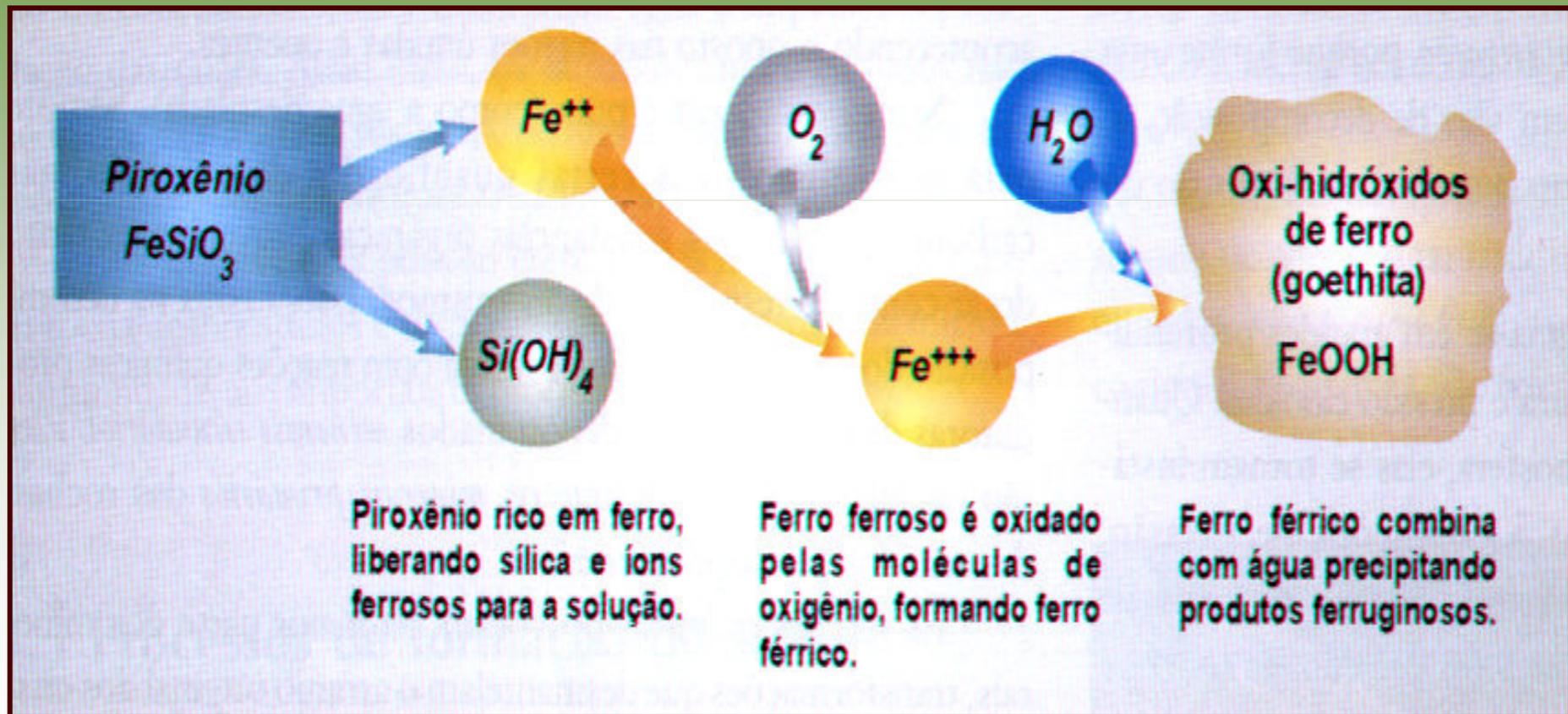


5.3. Óxidos

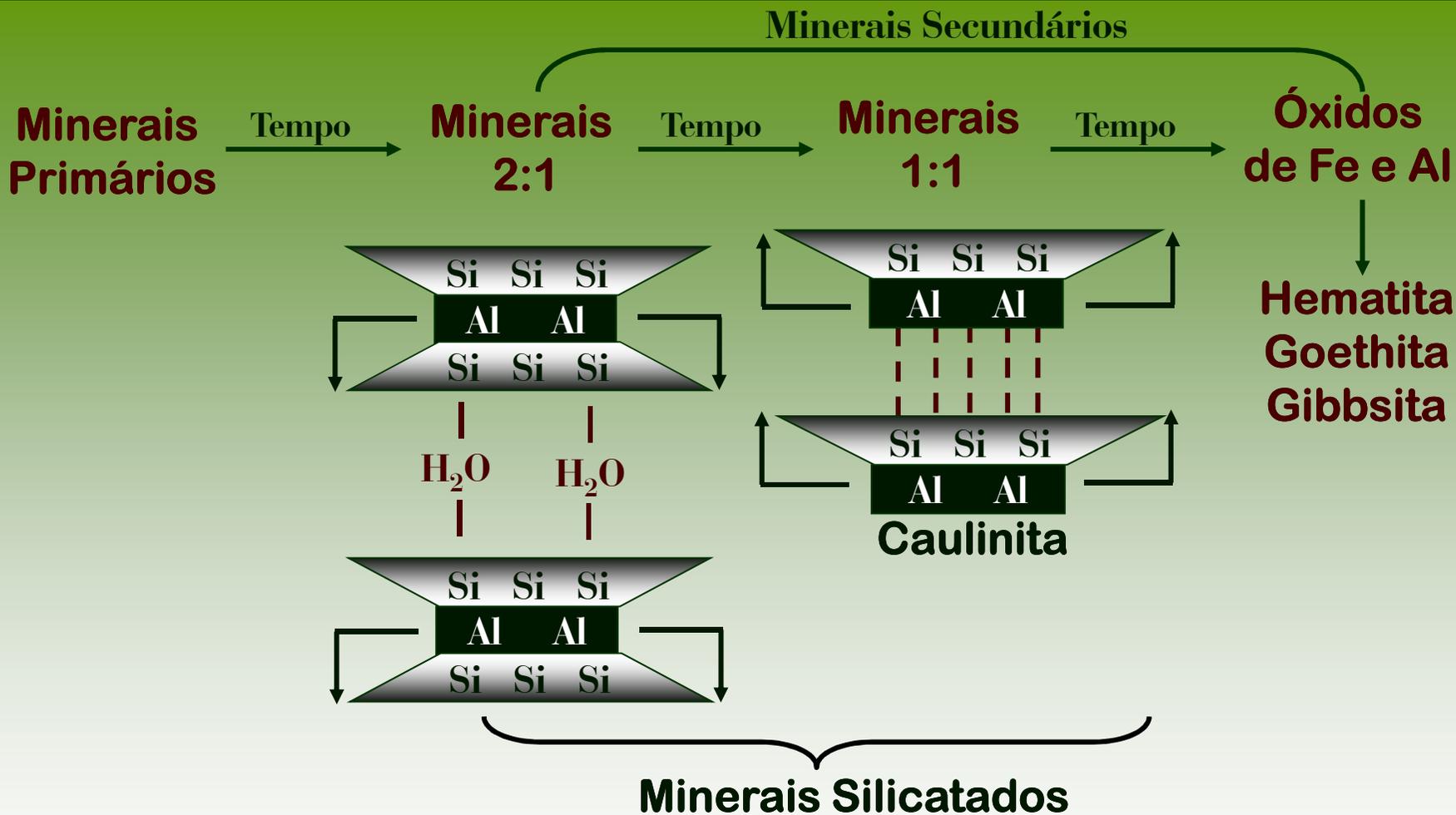
- A** - Óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos de **Fe** e **Al**;
- B** - Minerais secundários importantes em solos tropicais altamente intemperizados;
- C** - Óxidos de Ferro → formação de agregados → estrutura dos solos;
- D** - Caráter anfótero → Cargas dependentes de pH: Adsorção de ânions;
- E** - CTC baixa em geral < 5 cmol_c/dm³; ou são eletropositivos;
- F** - Principais Óxidos de Ferro e Alumínio:
 - . Hematita - Fe_2O_3 . Goethita - FeOOH
 - . Gibbsita - $\text{Al}(\text{OH})_3$

Gênese e Morfologia do Solo

Intemperismo de minerais de ferro



Grênese e Morfologia do Solo



Com aumento de intemperismo:

- . Lixiviação de bases e sílica
- . Concentra alumínio (< ki)
- . Solo mais ácido. V < 50 %
- . CTC diminui

5.4. Mineralogia Dominante dos Solos do Brasil

A - Solos do Acre

. **Caulinita**

. **Alguns solos: Minerais 2:1 (Cambissolos, Gleissolos).**

B - Solos do Cerrado

. **Óxidos de Fe e Al**

. **Gibbsita [Al(OH)₃].**

C - Solos do Nordeste

. **Minerais 2:1. e Primários.**

D - Solos do Sul do Brasil

. **Minerais 2:1 e Primários.**

Avaliação da Aprendizagem

Atividade em Grupo

- 1) Diferencie Caulinita x Montmorilonita e Vermiculita**
- 2) Qual a importância dos minerais no solo?**
- 3) Faça algumas inferências sobre a mineralogia dos solos do Acre, Cerrado Brasileiro e do Nordeste.**
- 4) Quais as principais consequências da substituição isomórfica que ocorre na estrutura dos minerais 2:1?**