

LSO 310- Física do Solo

GRANULOMETRIA E TEXTURA DO SOLO

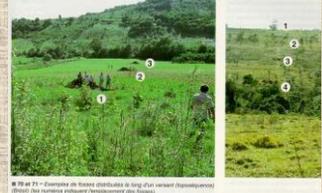
Aula 1

Prof. Miguel Cooper

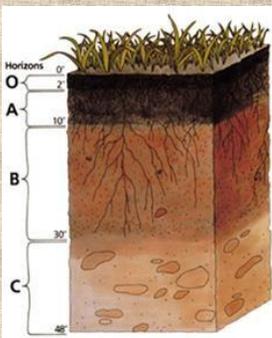



Definição de solo

Conjunto de corpos naturais composto de uma mistura variável de minerais intemperizados ou não e de matéria orgânica que cobre a terra com uma fina camada e que fornece, desde que contenha quantidades necessárias de ar e de água, amparo mecânico e subsistência para as plantas.

O perfil de solo



Granulometria do Solo

Conceito - A granulometria do solo vem a ser a distribuição de suas partículas constituintes, de natureza inorgânica ou mineral, em **classes de tamanho**.

➤ As classes de tamanho das partículas inorgânicas são também chamadas de **frações granulométricas**.

Areia
0,05 a 2 mm



Silte
0,02 a 0,05 mm



Argila
Menor que 0,02 mm



A **textura do solo** se refere à **proporção** relativa das classes de tamanho de partículas de um solo.

Cada classe de tamanho (areia, silte e argila) pode conter partículas de mesma classe mineral.

Granulometria do Solo

A granulometria do solo representa uma de suas características mais estáveis, sendo determinada por meio da **análise granulométrica**.

Textura do solo esta relacionada com:

1) Mineralogia

FRAÇÃO AREIA – minerais 1° (quartzo e outros silicatos)

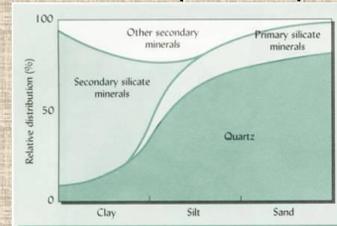
FRAÇÃO ARGILA – minerais 2° (argilominerais: caulinita, esmectita, etc, e óxidos: hematita, goethita, etc)

2) CTC

3) Área superficial Específica ASE

4) Porosidade e densidade do solo

Relação entre tamanho de partícula e tipo de mineral

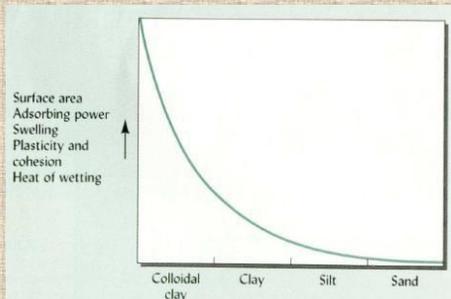


O **quartzo** é dominante na fração areia e em frações mais grosseiras de silte.

Silicatos primários como o feldspato, hornoblenda e mica estão presentes na areia e em menores quantidades na fração silte.

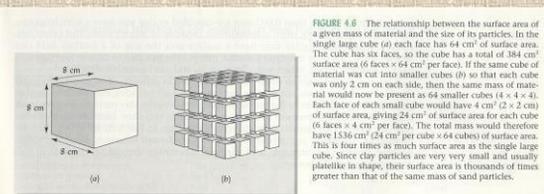
Minerais secundários, como óxidos de ferro e alumínio, são predominantes na fração silte de menor diâmetro e na fração argila mais grosseira.

Tamanho de partícula & Superfície Específica



Área superficial específica (ASE) do solo aumenta com a diminuição do tamanho das partículas que o constituem.

Superfície específica



TERRA FINA SECA AO AR (TFSA) & ESQUELETO DO SOLO

- **Terra Fina Seca ao Ar (TFSA)**
- 1. Definida como sendo a parte do solo que passa através de uma peneira de malha de 2,0 mm.
- 2. A análise granulométrica é realizada a partir da TFSA.

- **Esqueleto do Solo**
 - 1. A parte do solo que fica retida na peneira de 2,0 mm é denominada *Esqueleto do solo*.
 - 2. O esqueleto do solo pode ser classificado em:
 - ✓ Cascalho fino ou seixo- 2 a 20 mm.
 - ✓ Cascalho grosso ou pedra- 20-50 mm.
 - ✓ Cascalho de 2 mm a 20 mm de diâmetro
 - ✓ Calhau de 20 mm a 20 cm de diâmetro
 - ✓ Matacão maior do que 20 cm de diâmetro
- (Manual de descrição e Coleta de solo em Campo)



FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA TFSA

Frações Granulométricas

- Uma fração granulométrica representa uma classe de tamanho de partícula, que é definida por um limite superior e um limite inferior de acordo com a escala adotada.



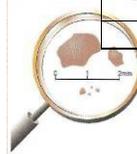
- As partículas de uma mesma classe ou fração granulométrica podem variar quanto à forma, estrutura e composição química, podendo ser cristalinas ou amorfas.

Principais Frações Granulométricas da TFSA

- **Fração Areia** (maiores partículas)
- **Fração Silte ou Limo** (partículas de tamanho intermediário)
- **Fração Argila** (menores partículas)

Classes de tamanho de partículas do solo

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	DIÂMETRO (mm)
Matacão	> 200
Calhau	200 - 20
Cascalho	20 - 2
Areia grossa	2 - 0,2
Areia fina	0,2 - 0,05
Silte (ou "limo")	0,05 - 0,002
Argila	< 0,002

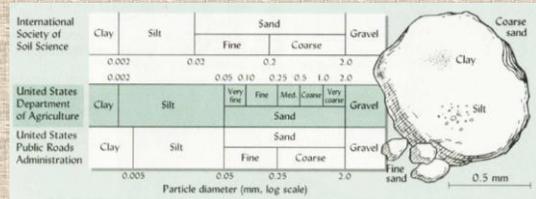


Escalas de tamanho

- As escalas para classificação do tamanho das partículas da TFSA foram organizadas arbitrariamente, como fruto de observações empíricas.

- No **Brasil**, utilizam-se basicamente duas escalas:
 - ✓ Escala de Atterberg ou Internacional
 - ✓ Escala do Departamento de Agricultura dos EUA.

Escalas para classificação das frações granulométricas do solo



Escala da SBCS & EMBRAPA

Fração	Diâmetro
Areia Grossa	2,0 - 0,2 mm
Areia Fina	0,2 - 0,053 mm
Silte	0,053-0,002 mm
Argila	< 0,002 mm

Análise Comparativa dos tamanhos relativos das frações granulométricas

Argila - 1 mm : cabeça de alfinete
Silte - 25 mm : bola de gude
Areia muito fina - 50 mm : bola de bilhar
Areia fina - 125 mm : bola de bocha
Areia média - 250 mm : bola de futebol
Areia grossa - 500 mm : esferas de 0,5 m de diâmetro
Areia muito grossa - 1000 mm : esferas de 1,0 m de diâmetro

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

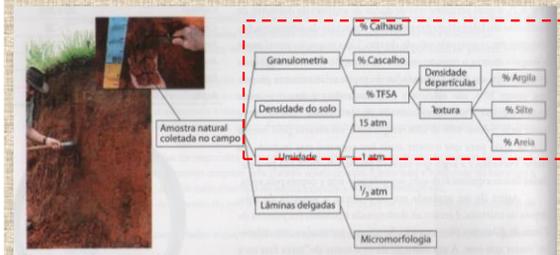
Amostragem e preparo da amostra

Pré- Tratamento

Métodos de Determinação

Tempo de Sedimentação

Esquema de amostragem e preparo de amostras



separação do "esqueleto do solo" (fração maior que 2mm)
 => peneiramento=> TFSA

Pré- tratamento

- Finalidades:
 - Remover os agentes cimentantes estabilizadores da estrutura do solo, individualizando as partículas primárias;
 - Manter a argila em suspensão aquosa estável durante o decurso da análise granulométrica.
- Principais agentes cimentantes:
 - Matéria orgânica
 - Óxidos de ferro e de alumínio
 - Carbonato de cálcio
 - Cátions flocculantes: cálcio, magnésio, hidrogênio.

Dispersão da amostra

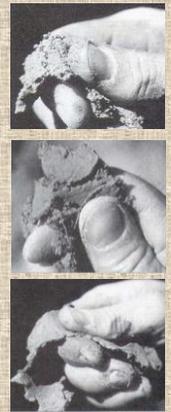
- A remoção dos agentes cimentantes e a dispersão da amostra de solo é realizada empregando métodos físicos e/ou mecânicos tais como:
 - Agitação
 - Ebulição em água
 - Tratamento químico (dispersão com compostos de sódio: hidróxido de sódio, hexametáfosfato de sódio)

Métodos de análise

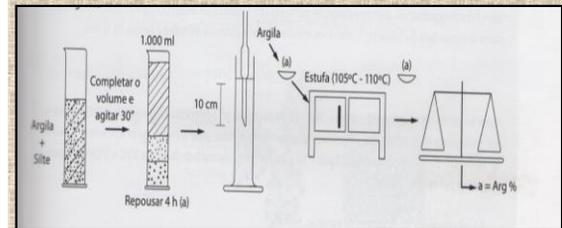
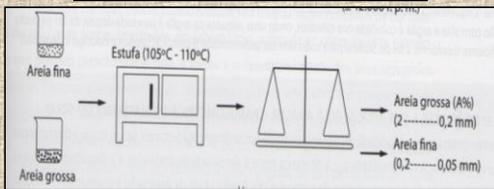
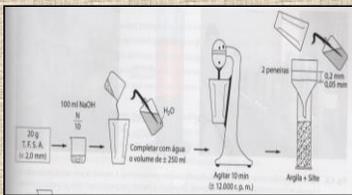
- Determinação da Classe Textural pelo **Método do "Tato"**
- **Análise Laboratorial** do Tamanho das Partículas
 - ❖ **Peneiragem** ou **Tamisação**: empregado para obtenção de terra fina e das diferentes classes de areia.
 - ❖ **Sedimentação**: empregado para obtenção da fração argila.

Determinação da Classe Textural pelo Método do "Tato"

- A determinação da classe **textural pelo tato** é de grande valor prático em pesquisas de campo, como também na classificação.
- Precisão desse método depende em grande parte da experiência e prática do observador



Análise Laboratorial



Solos isentos de carbonatos e com teor de carbono inferior a 3%.

Agitador de Wiegner

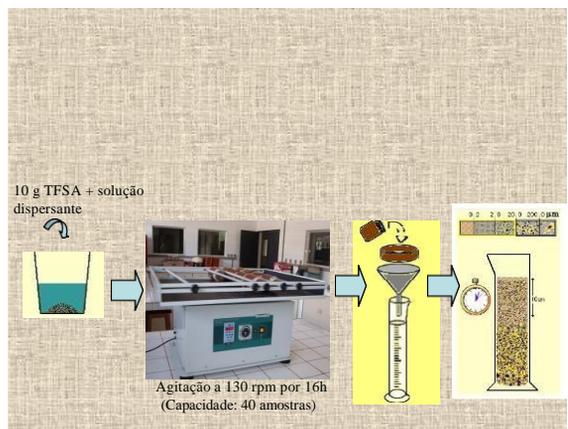


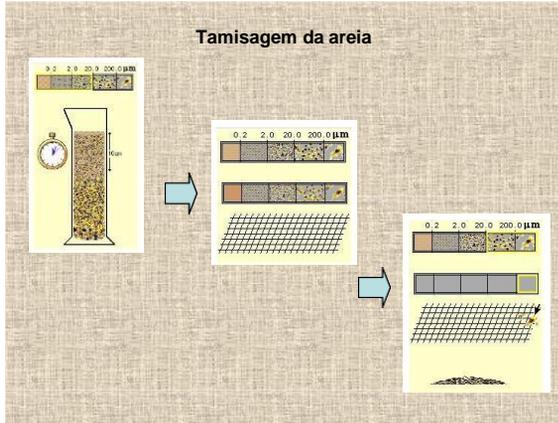
Agitação a 30 rpm por 16h (metodologia original)

Mesa Agitadora



Agitação a 130 rpm por 16h (modificação do método)





LEI DE STOKES

- Em 1850, G.G. Stokes determinou três fatores que afetam a velocidade final de partículas caindo através de um fluido, definindo uma fórmula conhecida por "Lei de Stokes".
- Os três fatores são:
 - Diâmetro da partícula;
 - Diferença de densidade entre a partícula e o fluido;
 - Viscosidade do fluido;

Diâmetro da partícula

- A velocidade final de sedimentação de uma partícula em fluido é proporcional ao quadrado do diâmetro da partícula.
- Válido para partículas com diâmetros entre 0,2 mm ou 200 μm (limite inferior da areia grossa) e 0,2 μm (limite inferior da argila grossa).
- ✓ Partículas > 200 μm provocam excessiva turbulência durante a queda.
- ✓ Partículas < 0,2 μm são afetadas pelo movimento browniano e podem nunca sedimentar.

Diferença de densidade

➤ Quanto maior a diferença entre a densidade da partícula e a do fluido mais rápida a sedimentação.

Tempo de sedimentação para uma partícula de solo em queda equivalente a uma distância vertical de 10 cm (*)

Fração do solo	Diâmetro (μm)	Tempo de sedimentação
Areia muito grossa	2000 (= 2mm)	0,03 s
Areia fina	200	2,7 s
Silte	20	4,5 min
Argila	2	7,7 h
Argila fina	0,2	32 d
Argila ultra fina	0,002	860 anos

(*) considerou-se: temperatura 20 C; densidade da água 1000 kg m⁻³; densidade de partículas 2700 kg m⁻³; viscosidade da água 10⁻³ Pa s.

Viscosidade do Fluido

- A velocidade de queda de uma partícula é menor quanto maior a viscosidade do fluido.
- A viscosidade da água aumenta à medida que a temperatura cai.

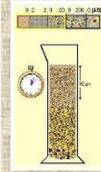
LEI DE STOKES

$$v = \frac{1}{18\eta} \phi^2 g (\rho_p - \rho_f)$$

Diâmetro da partícula (cm) Aceleração da gravidade (cm s⁻²) Densidade do fluido (g cm⁻³)
 Velocidade de queda através de um fluido (cm s⁻¹) Viscosidade do fluido (g cm⁻¹ ou poise) Densidade da partícula (g cm⁻³)

Limitações

- A fórmula de Stokes foi deduzida para caso de partículas esféricas, perfeitamente lisas, de diâmetros muito reduzidos, caindo com velocidades lineares, em um meio homogêneo, em equilíbrio e longe do efeito das paredes do vaso.
- A Lei de Stokes não se aplica portanto às partículas grosseiras do solo.
- As partículas do solo tem formas irregulares. As argilas por exemplo tem formato de lâminas ou placas.



Os métodos de análise granulométrica por sedimentação separam as partículas do solo mais precisamente pelo **tempo de sedimentação** do que propriamente pelos diâmetros.



Tempo de Sedimentação

Pode-se deduzir a fórmula para obtenção do tempo de sedimentação de uma dada partícula a partir da Lei de Stokes fazendo $v = h / t$ onde h a altura de queda em cm e t o tempo em segundos.

$$t = \frac{9\eta h}{2(\rho_p - \rho_l) g r^2}$$

Convenção

O tempo de sedimentação de uma partícula de diâmetro igual a 0,002 mm (2 μ), em água a 20C, percorrendo uma altura de 10 cm é de 8 horas (28.800 segundos).

(Congresso Internacional de Ciência do Solo, 1927)

CLASSES E TRIÂNGULOS TEXTURAIIS

Classes texturais

Raramente, encontra-se um solo que seja constituído de uma só fração granulométrica.

O caso mais comum é ocorrerem combinações das frações areia, silte e argila, cujas proporções são determinadas pela Análise Granulométrica.

Classes texturais

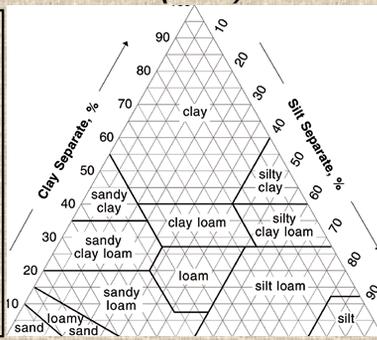
Termos Gerais		Classe textural
Nomes Comuns	Textura	
Solos Arenosos	Grosseira	Arenoso
		Areia Franca
		Franco arenosa
Solos Francos	Média	Franco
		Franco siltosa
	Siltosa	
	Moderadamente Fina	Franco argiloarenosa
		Franco argilosiltosa
Solos argilosos	Fina	Franco argilosa
		Argilo arenosa
		Argilo siltosa
		Argilosa

Triângulos texturais

- As classes texturais são obtidas através dos **triângulos texturais**.
- Sabendo-se os valores das frações areia, silte e argila de uma amostra de solo, e entrando com esses valores no triângulo textural, pode-se determinar a classe de textura do solo.
- A grande maioria das classificações texturais adota como sistema de representação gráfica o triângulo equilátero.
- A classificação do Departamento de Agricultura dos estados Unidos (USDA), conhecida como classificação do **Soil Survey**, adota o triângulo equilátero e a escala textural americana.

Triângulo Textural do USDA (EUA)

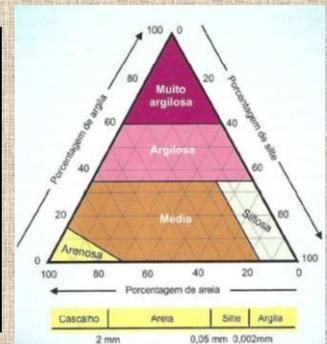
Reconhece 12 classes texturais e não destaca a influência da argila na delimitação de todas as classes texturais



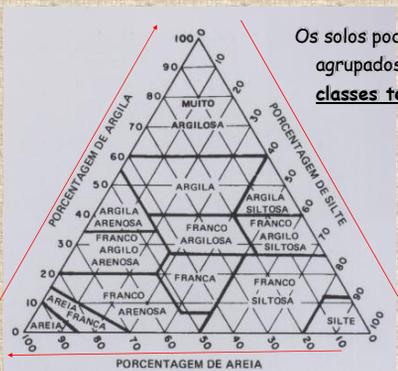
Triângulo Textural simplificado da EMBRAPA

✓ Classes texturais

- Muito Argilosa** (>60% argila)
- Argilosa** (35% a 60% de argila)
- Média** (<35% argila e >15% areia; <35% argila)
- Arenosa** (< 15% argila (areia e areia franca).

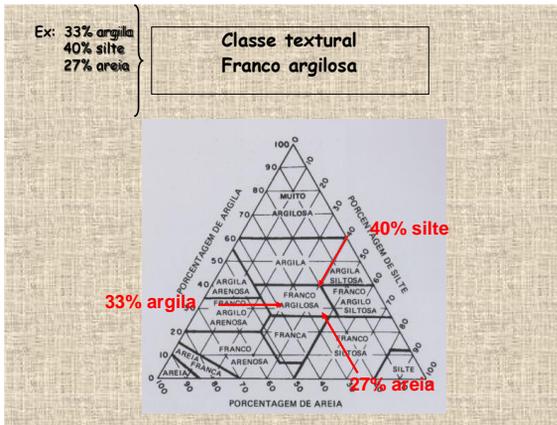


Triângulo Textural detalhado



Os solos podem ser agrupados em **13 classes texturais**

DETERMINAÇÃO DA CLASSE TEXTURAL UTILIZANDO O TRIÂNGULO TEXTURAL



Ocorrência de Cascalho

A ocorrência de cascalho deve ser registrada como qualificativo da classe textural, de acordo com os critérios:

- ✓ Muito cascalhenta > 50% de cascalho;
- ✓ Cascalhenta entre 15 e 50 % de cascalho;
- ✓ Com cascalho entre 8 e 15% de cascalho.

Exemplos: argila cascalhenta, argila arenosa com cascalho, etc.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

Granulometria & Atributos do solo

É possível alterar a textura pelo manejo?

Perdas em profundidade: migrações em profundidade (lixiviação)

Migrações laterais (eluviação/iluviação)

Perdas a partir da superfície:
Exportação pelas colheitas
Perdas pela enxurrada
Perdas pelo vento

Importância

- A textura é importante para o **entendimento do comportamento e manejo do solo.**

Durante a **classificação do solo** em um determinado local, a **textura** é muitas vezes a primeira e mais importante propriedade a ser determinada.

A partir da **textura**, muitas **conclusões importantes** podem ser tomadas.

A textura do solo condiciona todos os fatores de crescimento das plantas em menor ou maior grau

- Influi sobre:
 - Retenção, movimento e disponibilidade de água
 - Arejamento
 - Disponibilidade de nutrientes
 - Resistência à penetração de raízes
 - Estabilidade de agregados
 - Compactabilidade dos solos
 - Erodibilidade

TABELA 1.1 Influência das frações (areia, silte e argila) em algumas propriedades e comportamento do solo.^a

<i>Propriedades/Comportamento do solo</i>	<i>Areia</i>	<i>Silte</i>	<i>Argila</i>
Capacidade de retenção água	Baixa	Média a alta	Alta
Aeração	Boa	Média	Pobre
Taxa de drenagem	Alta	Leuta a média	Muito leuta
Teor de matéria orgânica no solo	Baixo	Médio a alto	Alto a médio
Decomposição da matéria orgânica	Rápida	Média	Leuta
Aquecimento na primavera	Rápido	Moderado	Leito
Susceptibilidade à compactação	Baixa	Média	Alta
Susceptibilidade a erosão eólica	Moderada	Alta	Baixa
Susceptibilidade a erosão hídrica	Baixa	Alta	Solo agregado - baixa Solo não agregado - alta
Potencial de expansão e contração	Muito baixo	Baixo	Moderado a muito alto
Adequabilidade para construção de represas e aterros	Baixa	Baixa	Alta
Capacidade de cultivo após chuva	Boa	Média	Baixa
Potencial de lixiviação de poluentes	Alto	Médio	Baixo
Capacidade de armazenamento de nutrientes	Baixa	Média a alta	Alta
Resistência à mudança de pH	Baixa	Média	Alta

^aexceções à estas generalizações ocorrem como resultado da estrutura do solo e mineralogia da argila