

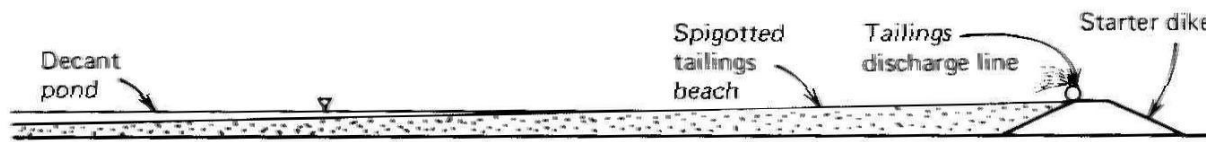
OBRAS DE TERRA



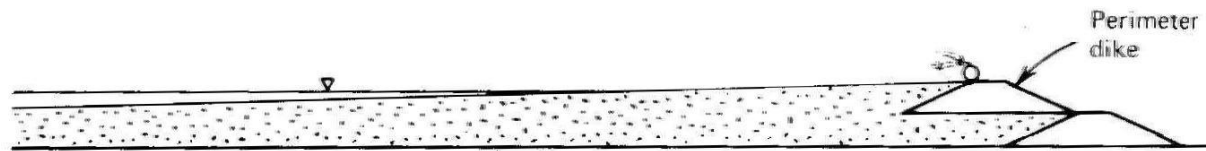
- ◆ BARRAGENS DE REJEITO
- ◆ OTIMIZAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Barragens de Rejeitos

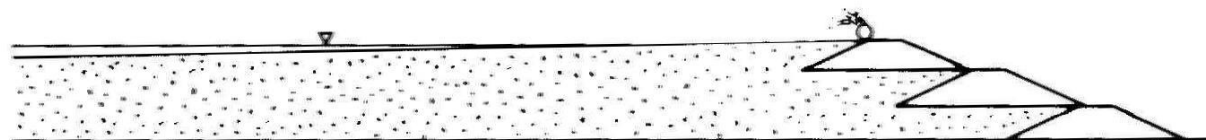
Método de Montante



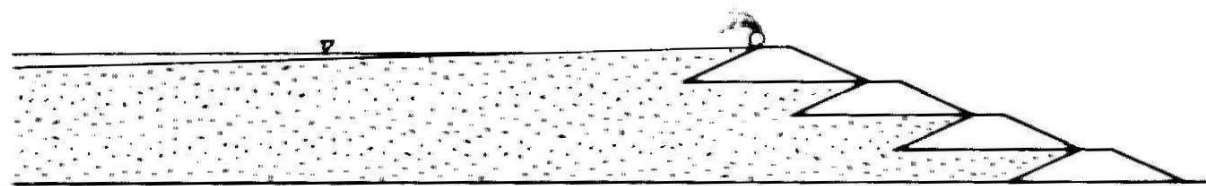
(a)



(b)



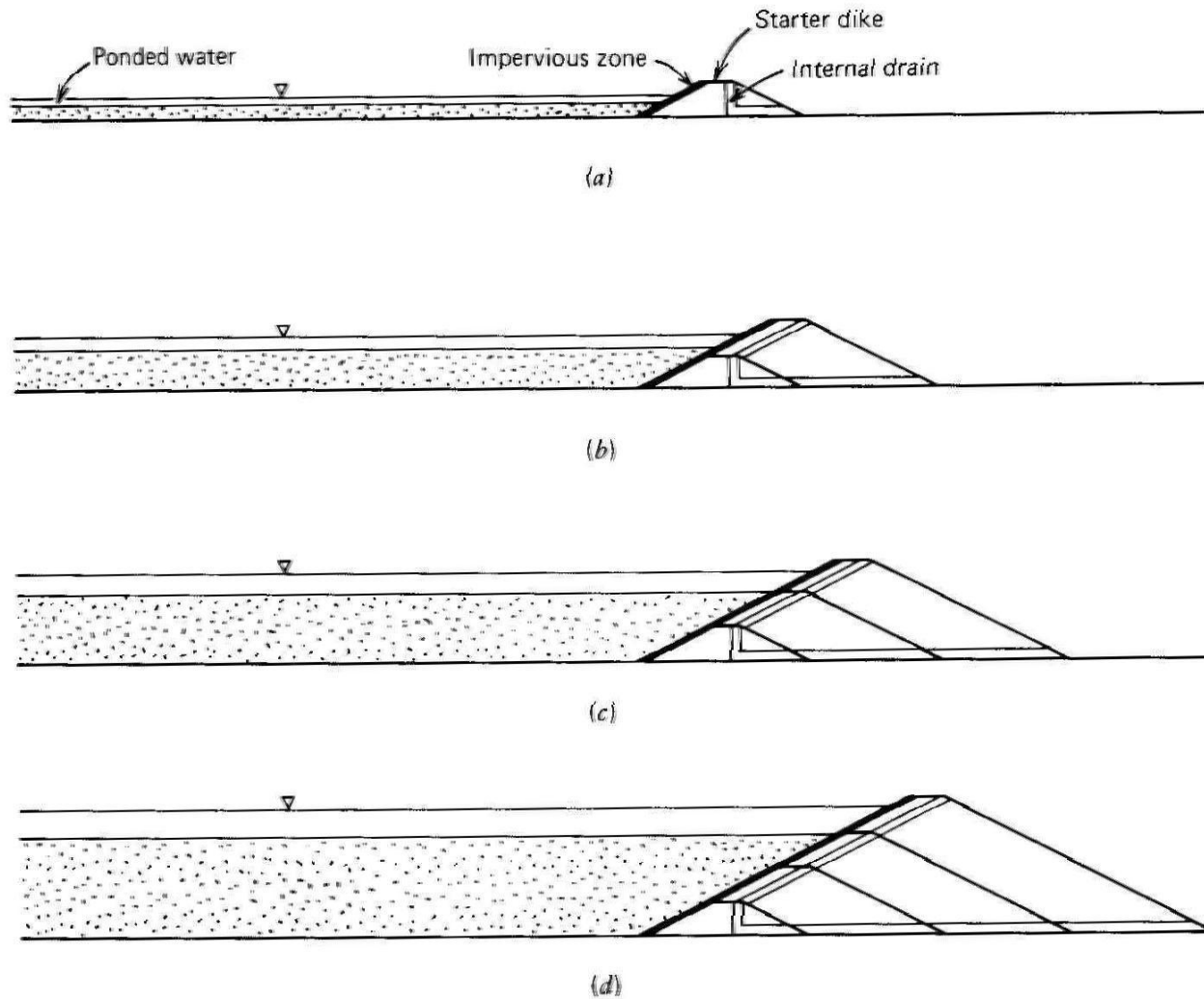
(c)



(d)

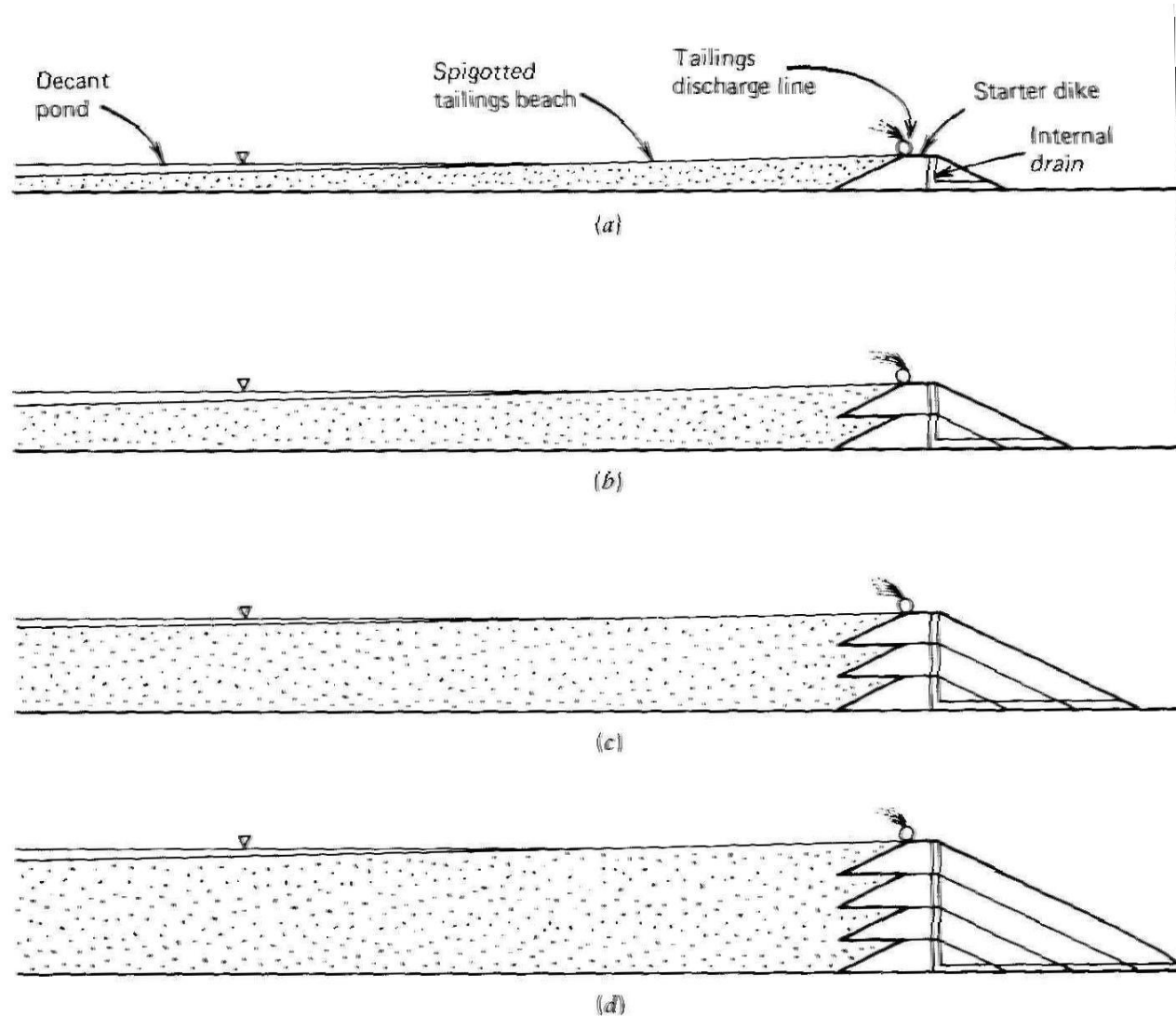
Barragens de Rejeito

Método de Jusante



Barragens de Rejeito

Método da Linha de Centro



Distintas Linhas Freáticas em Barragens construídas para montante

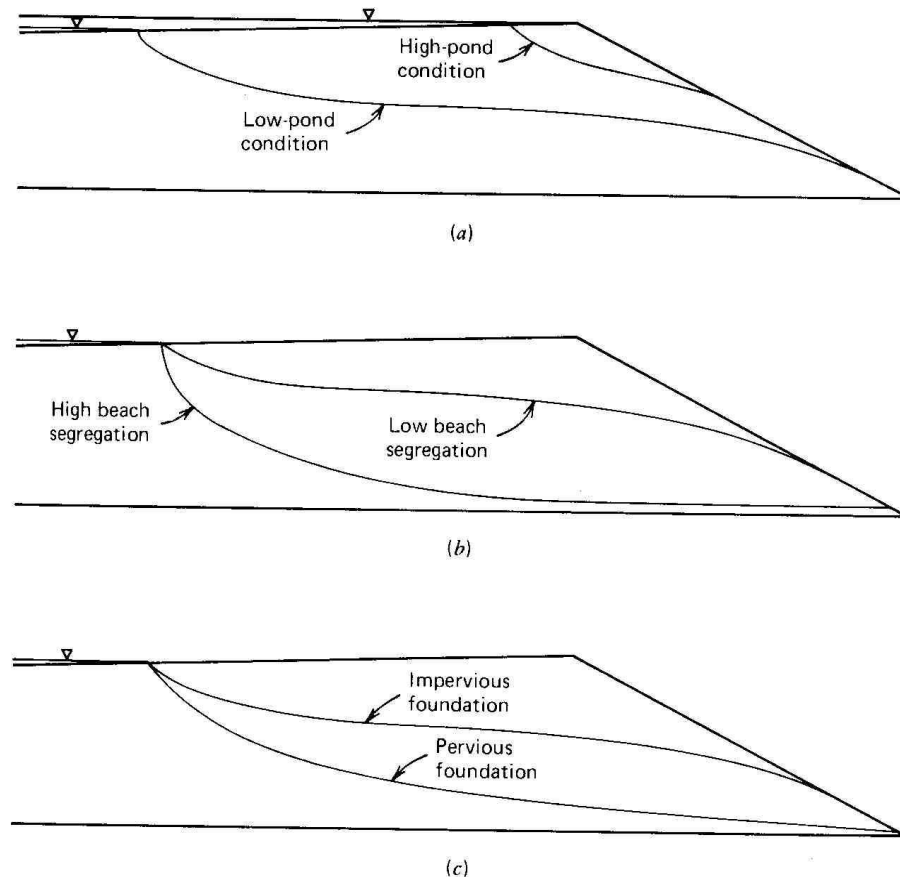


Figure 3.3 Factors influencing phreatic surface location for upstream embankments. (a) Effect of pond water location. (b) Effect of beach grain-size segregation and lateral permeability variation. (c) Effect of foundation permeability.

Volumes de Terraplenagem em cada tipo de baragem

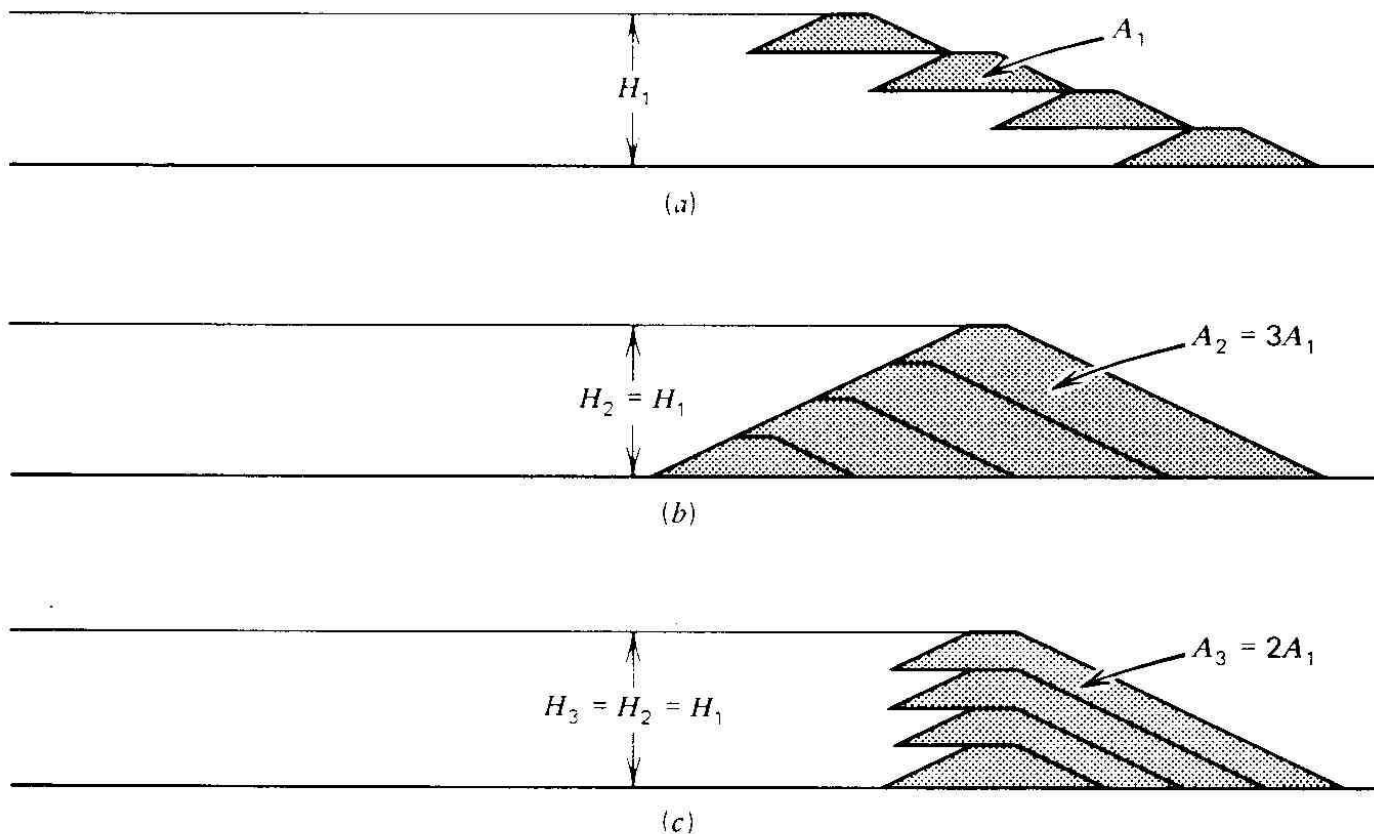


Figure 3.7 Comparison of fill volumes for various embankment types. (a) Upstream. (b) Downstream or water-retention type. (c) Centerline.

Teoria Convencional do Adensamento de Terzaghi

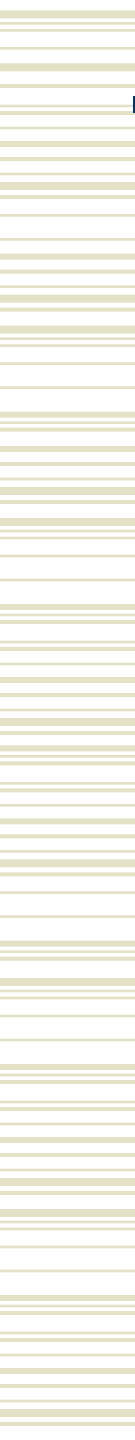
1. *MATERIAL HOMOGÊNEO*
2. *PERFEITA SATURAÇÃO*
3. *COMPRESSIBILIDADE DOS GRÃOS E DA ÁGUA DESPREZÍVEIS*
4. *COMPRESSÃO UNIDIMENSIONAL*
5. *VALIDADE DA LEI DE DARCY*
6. *COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE CONSTANTE*
7. *LINEARIDADE – TENSÕES $\times$ DEFORMAÇÕES*

Considerações Importantes da Teoria de Adensamento a Grandes Deformações

Deposição:

- a) acúmulo contínuo
- b) adensamento
- c) teor de sólidos inicial
- d) variações no índice de vazios
- e) não linearidade: e x tensão
- f) grandes variações na permeabilidade

Problema da camada que aumenta de espessura com o tempo



Teoria do Adensamento a Grandes Deformações



- ❖ Previsões mais realistas da vida útil dos reservatórios
- ❖ Avaliação correta da vazão de água liberada
- ❖ Ganho de resistência ao cisalhamento com o tempo

Teoria do Adensamento a Grandes Deformações

Sem hipóteses simplificadoras



- Equações Matemáticas complexas

USO DE COMPUTADOR



Simulações – podendo considerar:

- Lançamento contínuo
- Interrupções esporádicas
- Alternância de períodos de deposição
- Abandono de reservatório
- Capeamento com material estéril
- Considerações de drenagem de fundo

Teoria do Adensamento a Grandes Deformações

A teoria se baseia fundamentalmente:

1. LEI DE PERMEABILIDADE

2. LEI DE COMPRESSIBILIDADE

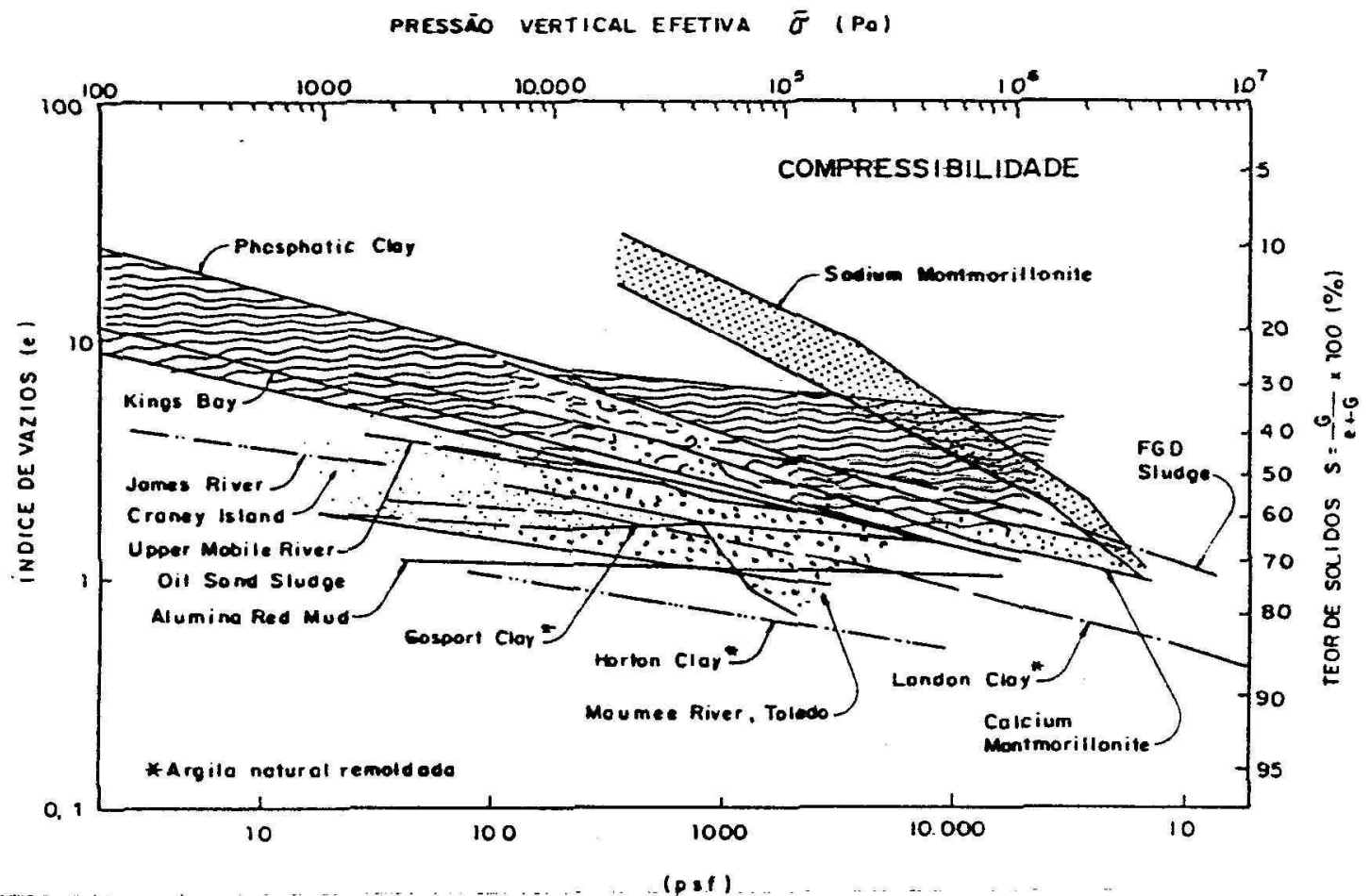
LEI DE COMPRESSIBILIDADE

Consolidômetro de Lama

- o Obtenção da lei de compressibilidade desde o final do processo de sedimentação

Determinação de pares: $e \times \sigma'$ $\longrightarrow e = a \sigma'^b$

LEI DE COMPRESSIBILIDADE

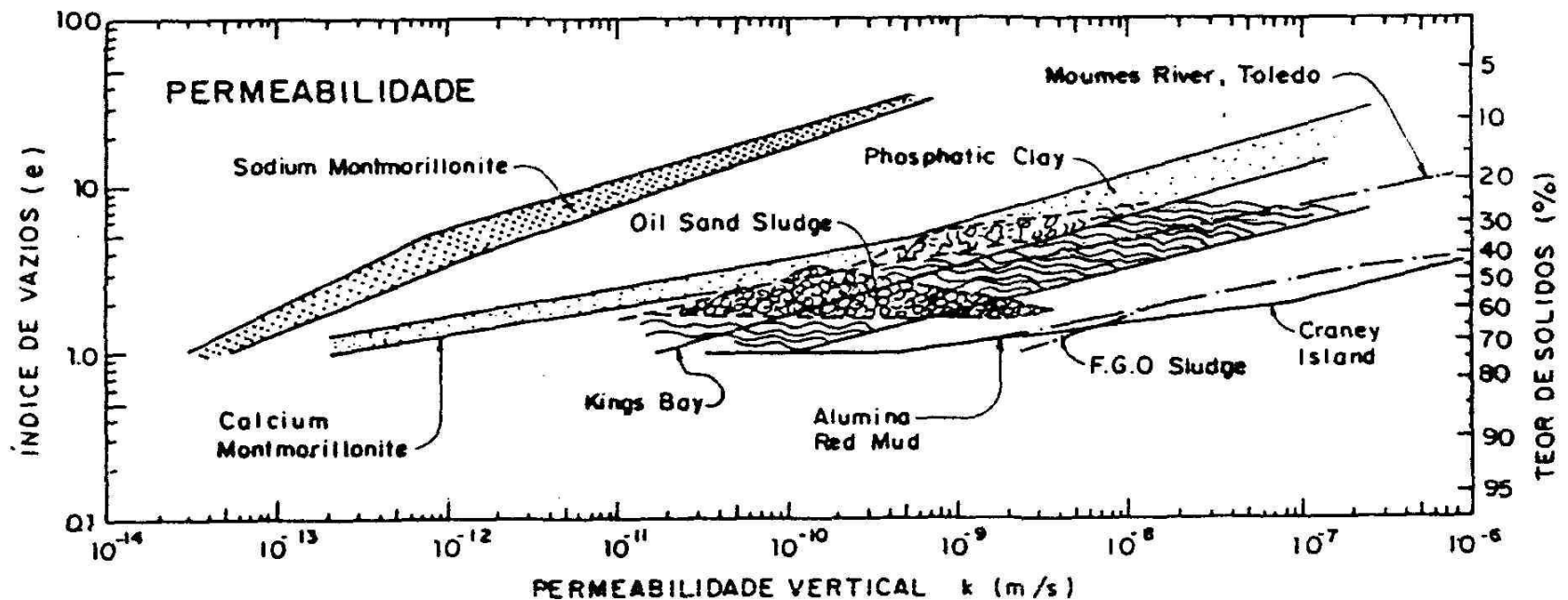


LEI DE PERMEABILIDADE

- Do mesmo ensaio em consolidômetro de lama, obtêm-se a curva **PERMEABILIDADE x ÍNDICE DE VAZIOS**

$$K = c \cdot e^d$$

LEI DE PERMEABILIDADE



CORRELAÇÕES EMPÍRICAS

LEI DE COMPRESSIBILIDADE

$$e = a \sigma'^b$$

A partir de inúmeros dados publicados:

$$IL = 17,66 \cdot \sigma'^{-0,288} - 0,233, \text{ portanto}$$

$$a = 17,66 \cdot G \cdot IP / 100$$

$$b = - 0,288$$

$$\text{Sabe-se da Mec Solos } IL = h - LP / IP$$

CORRELAÇÕES EMPÍRICAS

LEI DE PERMEABILIDADE

$$K = c \cdot e^d \quad \text{ou} \quad K = \frac{(E \cdot e^F)}{1 + e}$$

Escrevendo IL f (e), demonstra-se que

$$IL = q.(k.(1+e))^r - s$$

$$IL = 95,21 k (1+e)^{0,233} - 0,242, \text{ portanto}$$

$$E = (95,21.G.(IP/100))^{0,23} - 0,242$$

$$F = 4,29$$

PROGRAMAS DE COMPUTADOR

1. Baseados nas equações do Adensamento da Grandes Deformações

Leis de Compressibilidade e de Permeabilidade

2. Não passíveis de solução fechada
3. Hoje fácil e rapidamente solucionável em qualquer PC

PROGRAMAS DE COMPUTADOR

DADOS DE ENTRADA

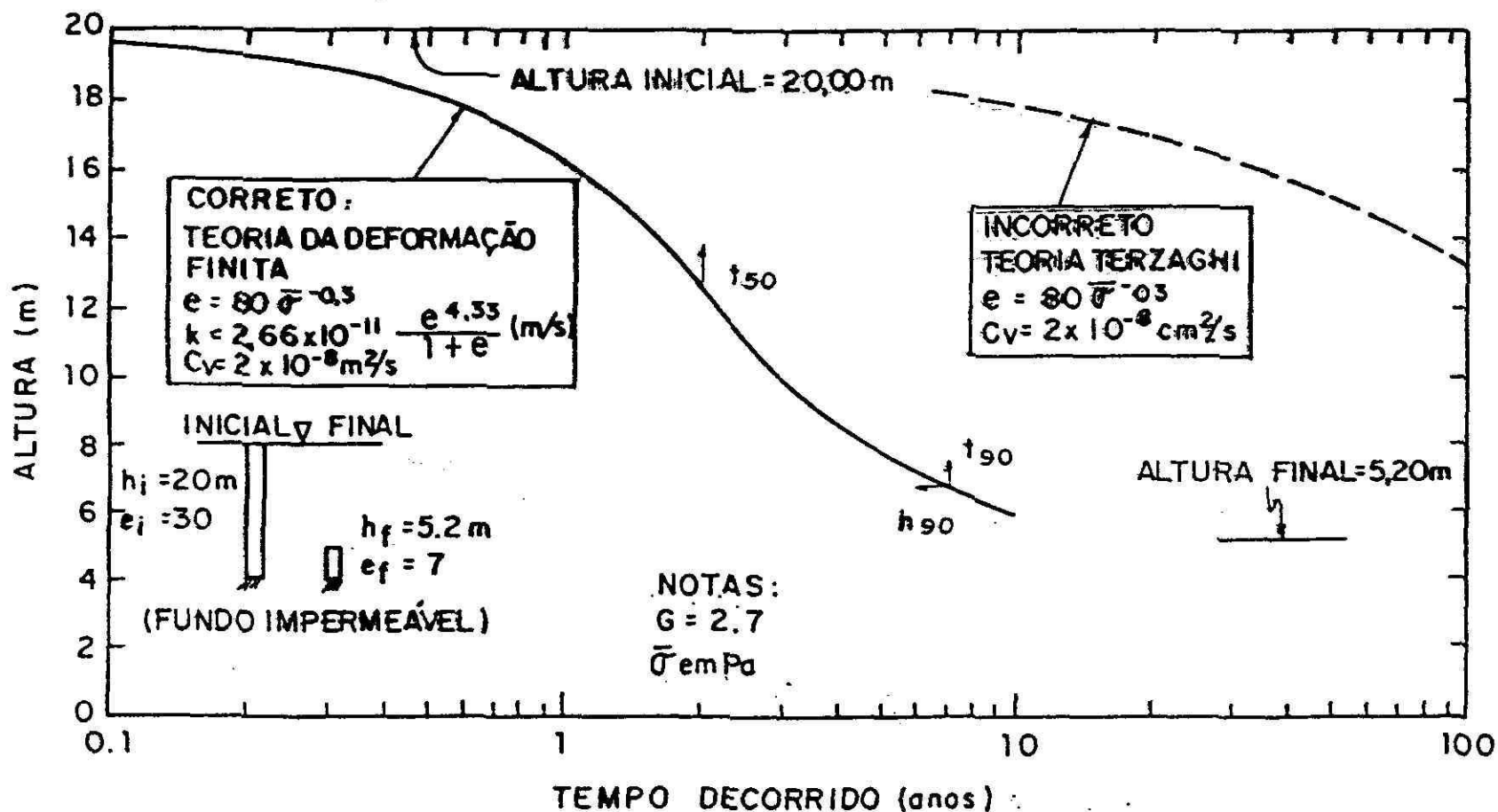
1. Propriedades Geomecânicas dos Rejeitos –
Leis de Compressibilidade e de Permeabilidade
2. Teor de Sólidos de Lançamento
3. Taxa de Produção
4. Drenagem Periférica
5. Geometria da Área
6. Tempo de Enchimento

PROGRAMAS DE COMPUTADOR

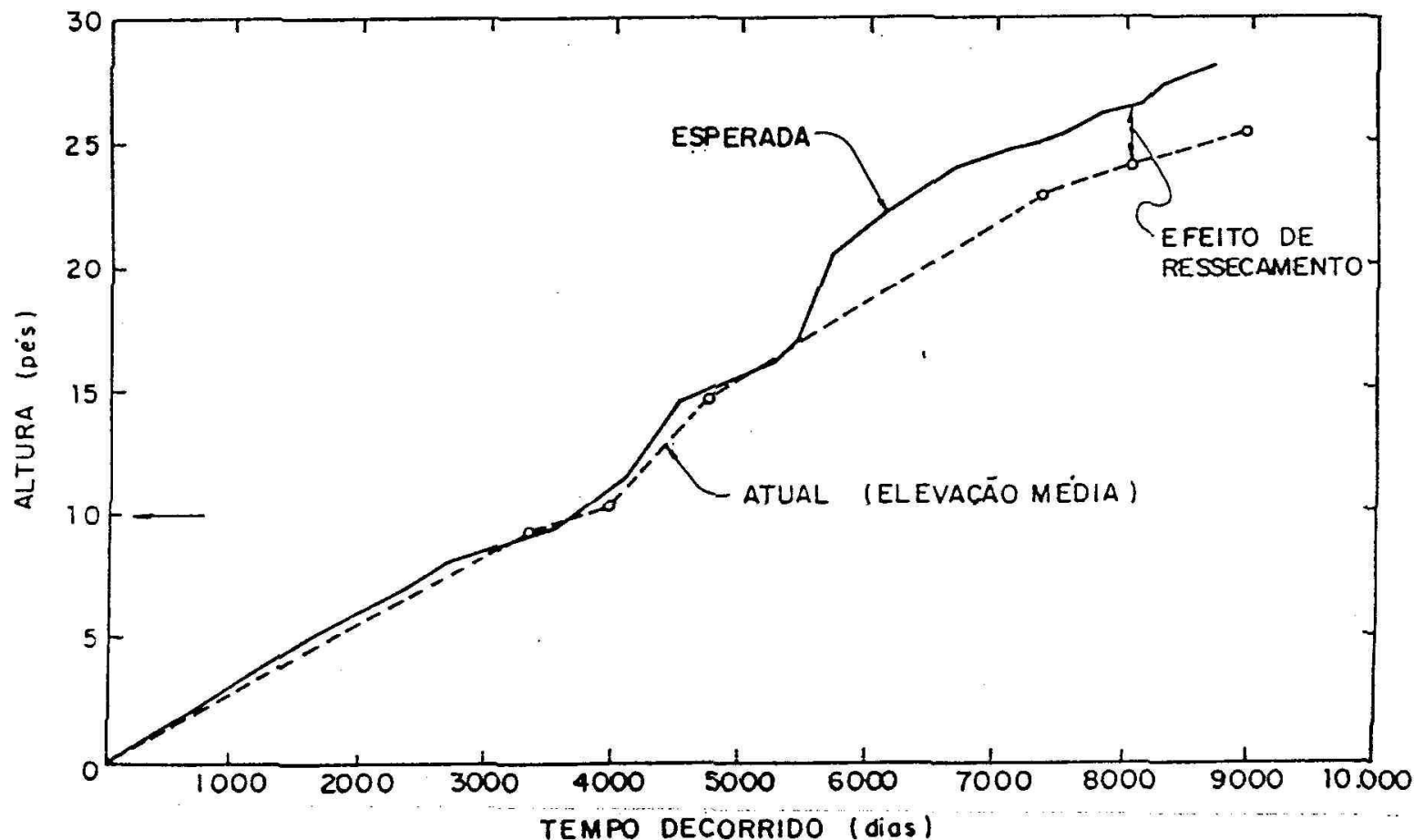
DADOS DE SAÍDA $f(t)$

1. Adensamento
2. Perfis de Teor de Sólidos
3. Perfis de Pressões Neutras
4. Teor de Sólidos Médio

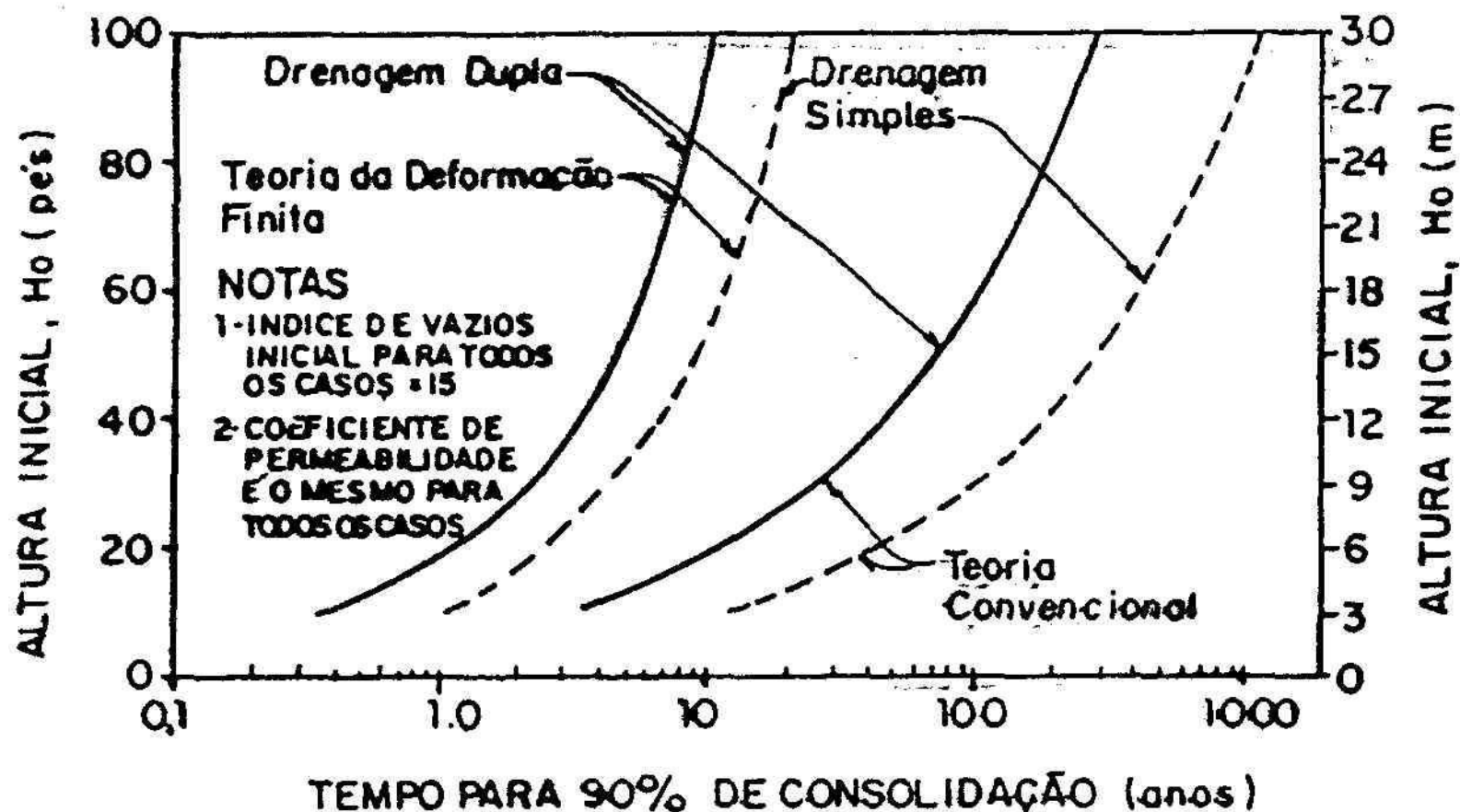
Simulações em Computador do Enchimento de Reservatórios



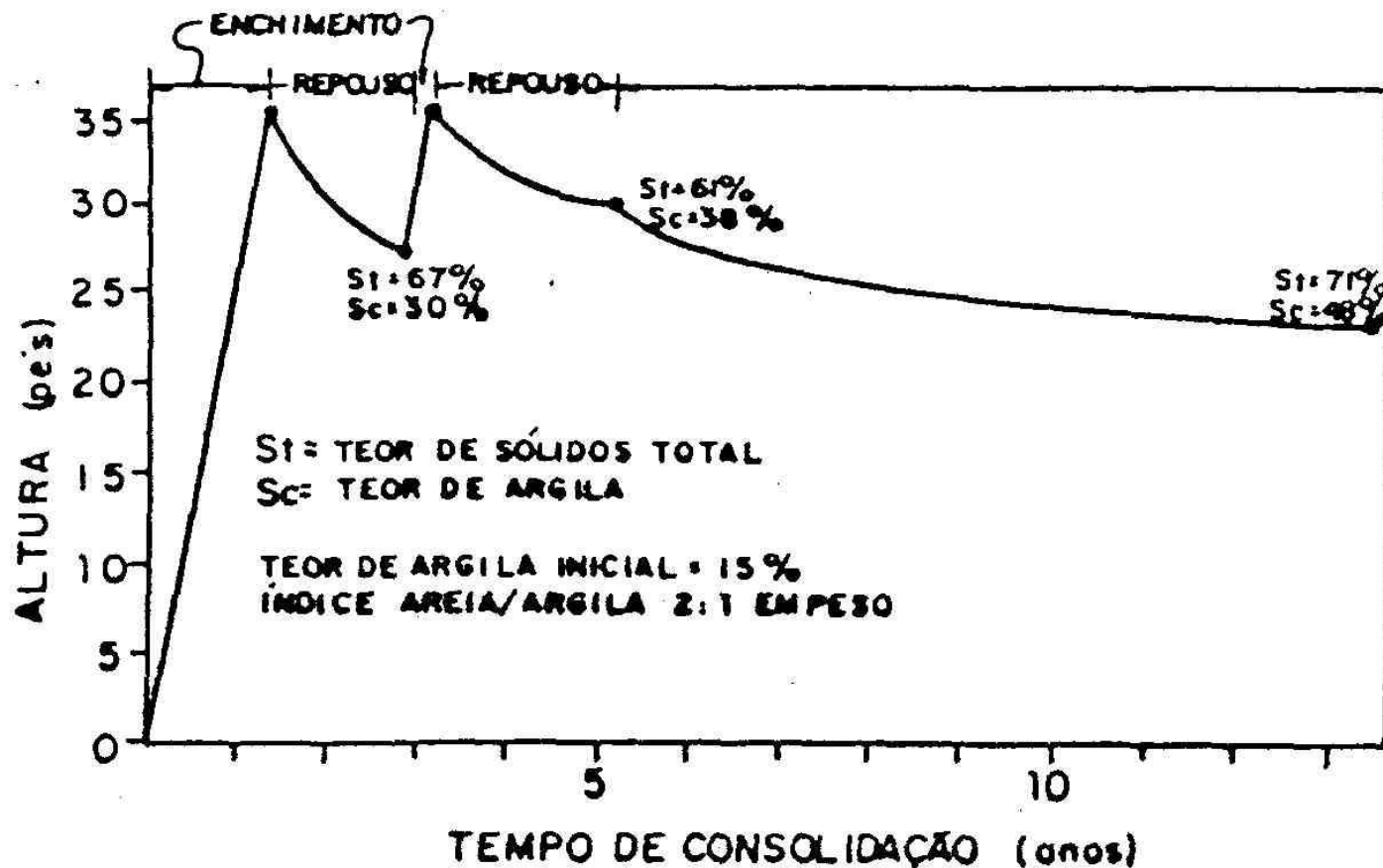
Simulações em Computador do Enchimento de Reservatórios



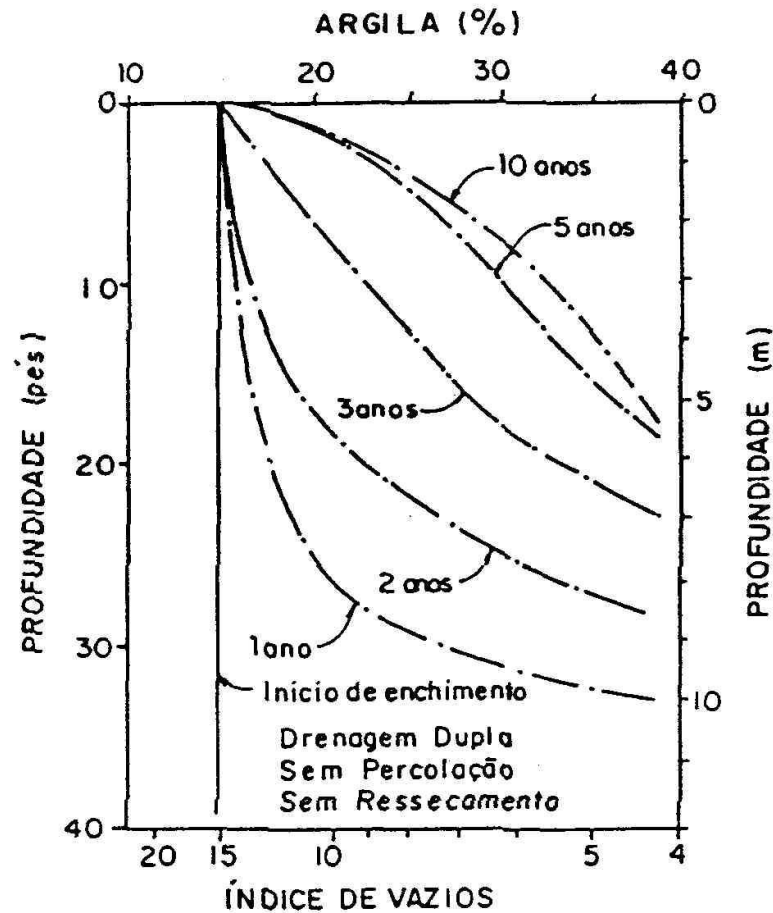
Simulações em Computador do Enchimento de Reservatórios



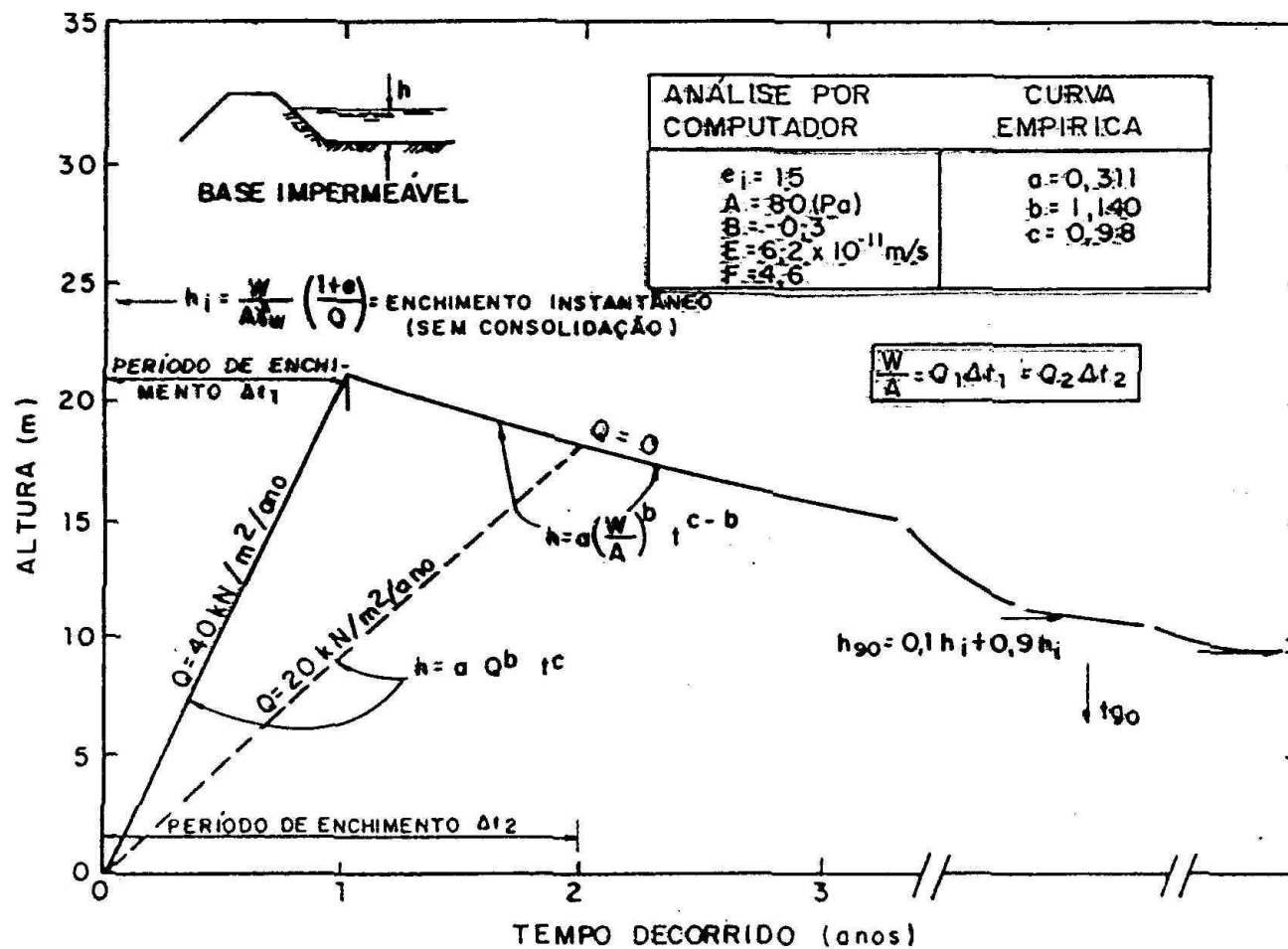
Simulações em Computador do Enchimento de Reservatórios



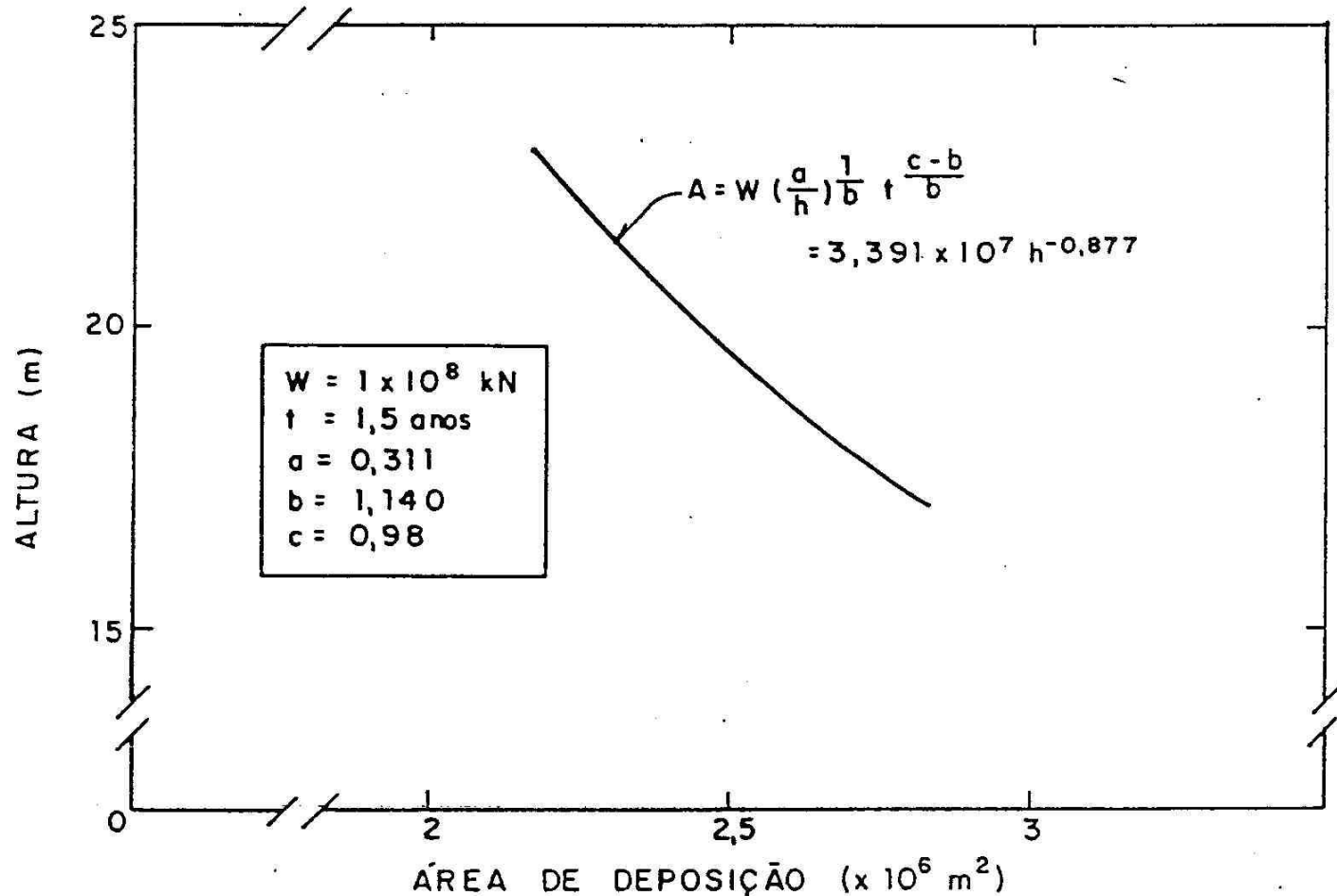
Simulação



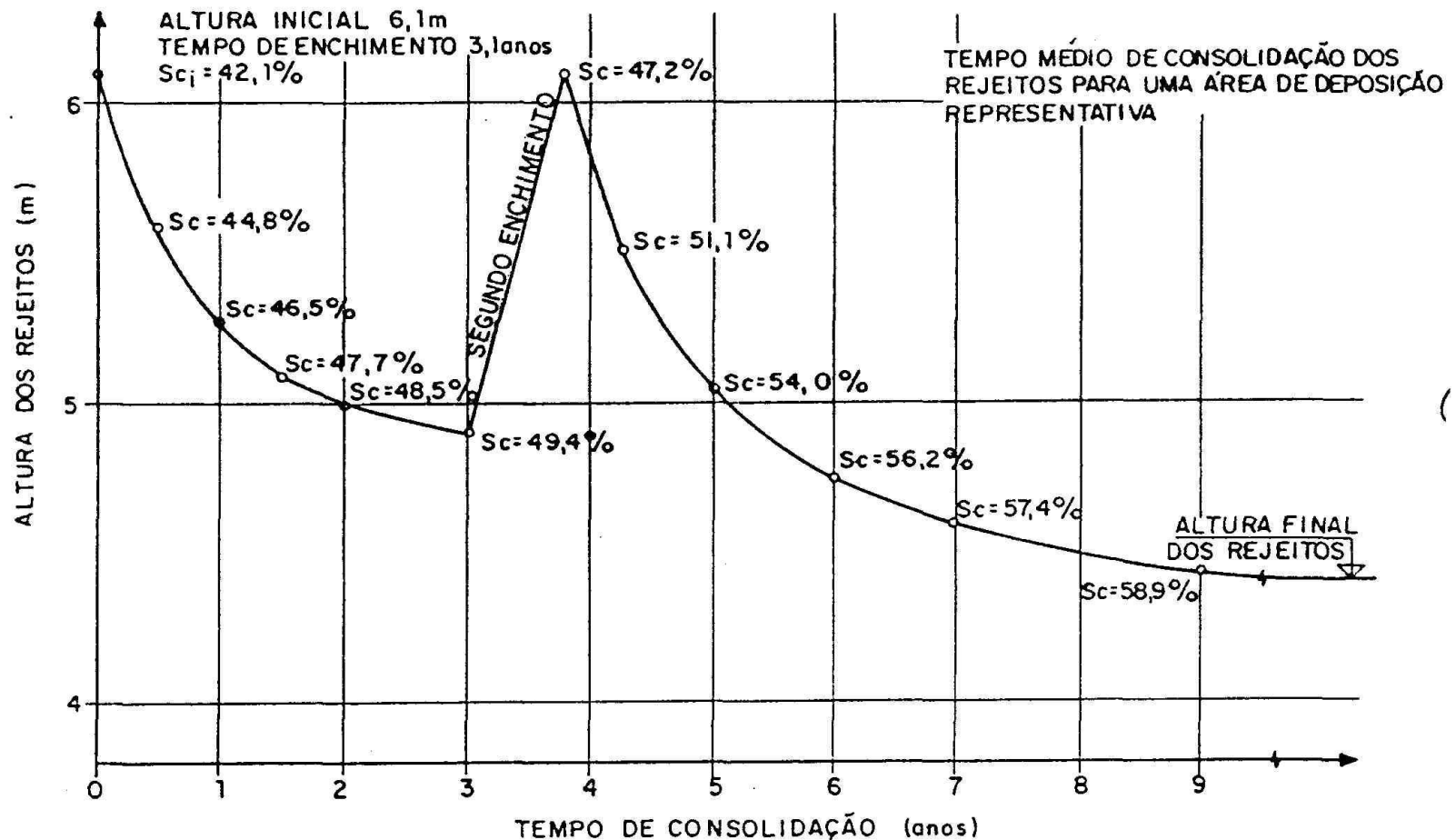
Simulações em Computador do Enchimento de Reservatórios (Programas “Customized”)

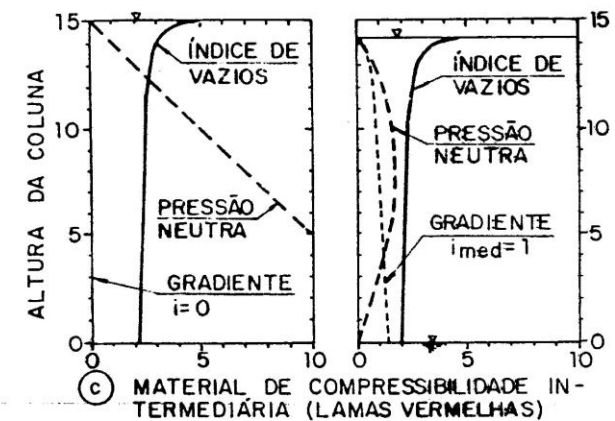
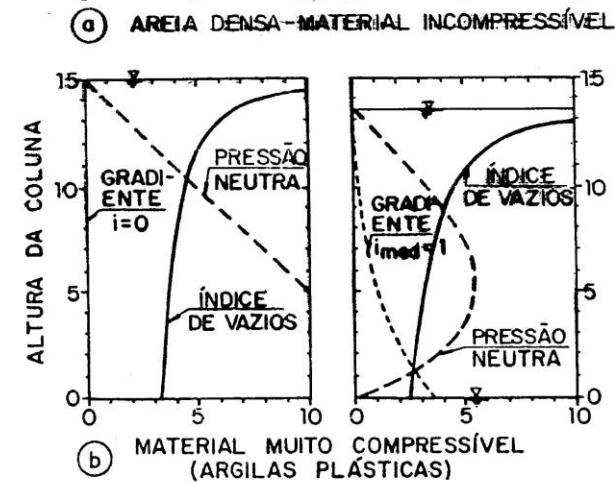
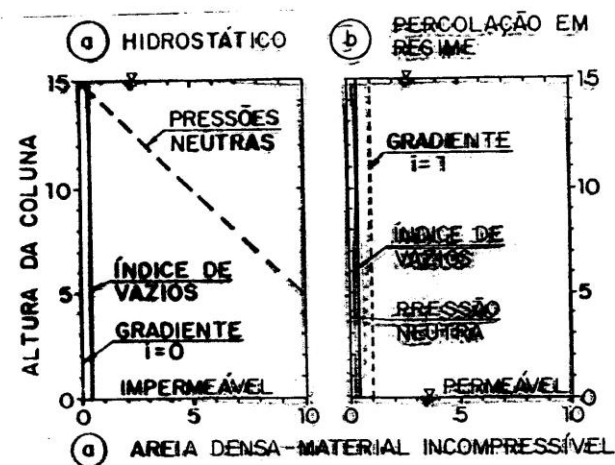


Simulações em Computador do Enchimento de Reservatórios (Programas “Customized”)



Simulações em Computador do Enchimento de Reservatórios (Programas “Customized”)





DRENAGEM DE FUNDO DE RESERVATÓRIOS

BALANÇO HÍDRICO

1. Volume d'água liberada = recalque do material depositado
2. Contribuição das chuvas diretas no reservatório e de escoamento superficial na área, e a vazão perene córrego
3. As perdas são por infiltração na área reservatório, percolação através barragem, evaporação, e volume que os rejeitos não liberam até os níveis de tensões atingidos pelo adensamento

INSTRUMENTAÇÃO

1. Acompanhar o adensamento, liberando novas etapas de lançamento de rejeitos em função da densidade atingida; definir traficabilidade equipamentos recuperação ambiental, revisão Leis de Adensamento
2. Objetivo final é obter valores de índice de vazios e de permeabilidade associando-os à tensão wfwativa de determinada profundidade

INSTRUMENTAÇÃO

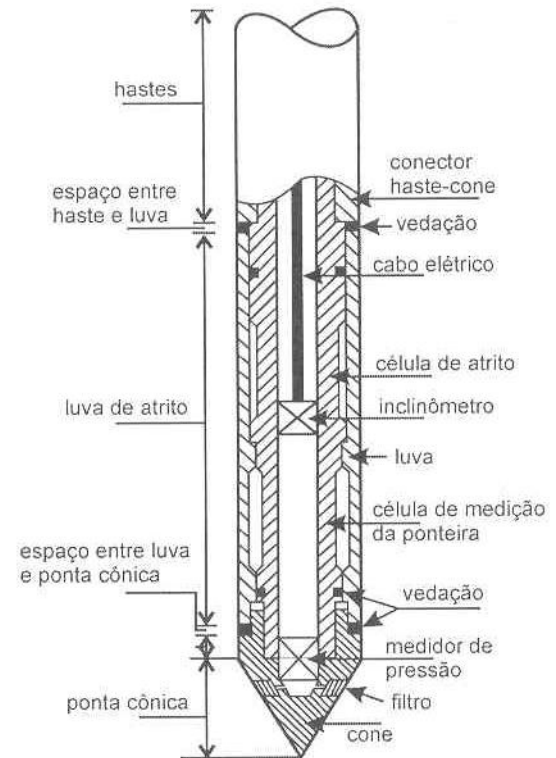
1. Amostradores de parede fina para coletar amostras indeformadas – medição da umidade e da densidade dos grãos pode ser suficiente para determinar o índice de vazios, pois material é saturado
2. Piezômetros
3. CPT e CPTU
4. Ensaio Palheta ou Vane

Ensaio de Cone

(CPT / CPTU - Cone penetration test)

U – medida de pressão neutra

- cravação estática de ponteira cônica e bainha, obtendo valores de **resistência de ponta** e **atrito lateral**. Obtenção da **pressão neutra** gerada pela cravação, e sua dissipação até os valores hidrogeológicos
- determinação da **estratigrafia do terreno** e de propriedades dos materiais prospectados através da interpretação dos resultados do ensaio
- devido à reação necessária, não consegue penetrar em solos muito compactos
- estimativa de parâmetros e propriedades dos solos através de correlações (S_u , OCR, k_0 , E, k)



Schnaid, 2000

Ensaio de Cone

***(CPT / CPTU -
Cone penetration
test)***

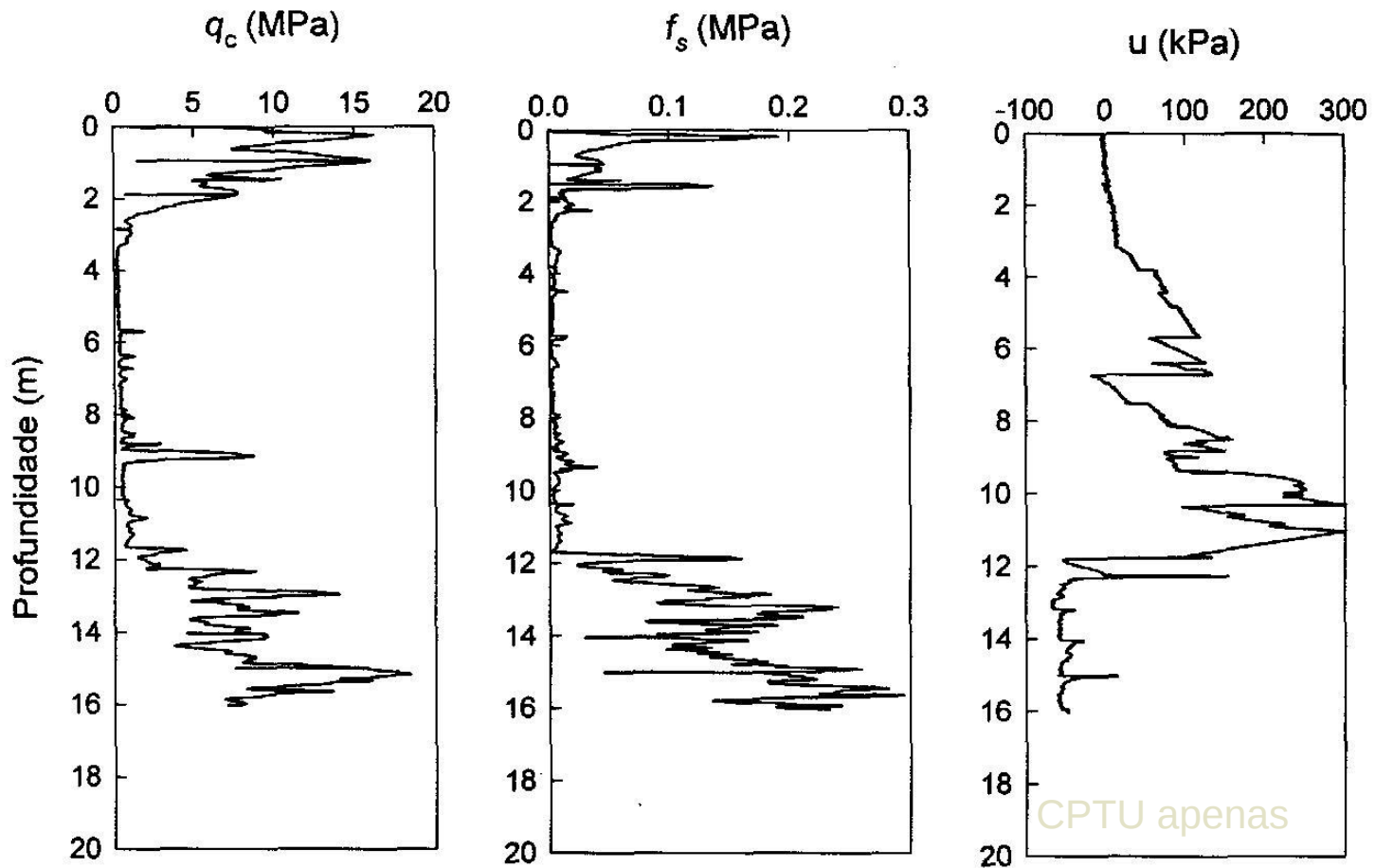


- tipos: ***cone mecânico e cone elétrico***
- leitura automática do esforço para cravação da ponta do cone (q_c) e do atrito lateral de sua bainha (f_s)
- ***atenção com saturação da pedra porosa do CPTU***
 - *piezocone*: além das medidas elétricas de q_c e f_s permite o monitoramento contínuo da pressão neutra.
- normas:
 - **NBR12069/91 (MB-3406)**
 - **ASTM D5778-95 (elétrico e piezocone) / ASTM D3441-98 (mecânico)**

Ensaio de Cone

(CPT / CPTU - Cone penetration test)

Resultados obtidos em ensaio

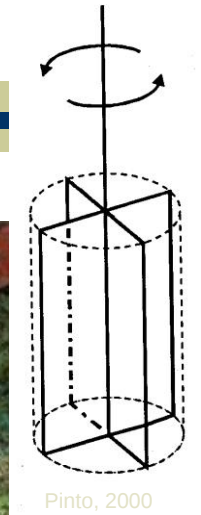


Ensaio de Palheta / Vane Test

- ensaio para determinação da resistência não drenada do solo in situ
- adequado para argilas moles a rias
- cravação de palheta cruciforme no terreno
- relação entre o torque necessário para cisalhar o solo por rotação e a resistência não drenada (S_u)
- correção S_u em função do IP da argila
- ensaios com ou sem perfuração prévia
- relação semi-empírica para obtenção do **OCR** e k_o
- norma:

- **NBR10905/89 (MB3122)**

• **cuidado com atrito na composição**



Ensaio de Palheta / Vane Test

