

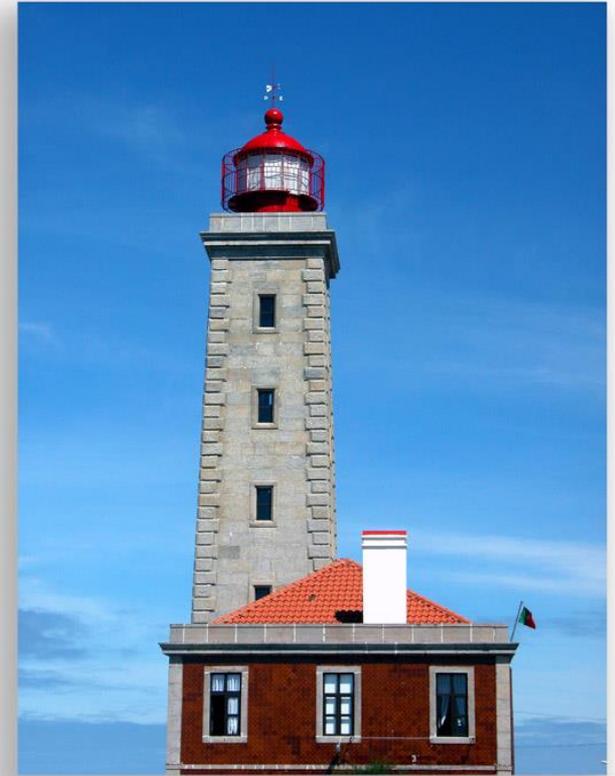
Introdução a Teoria do Adensamento

Recalques por Adensamento

Recalques e as construções



Castelo de Ussé, em que Charles Perrault se inspirou para escrever a "Bela Adormecida".



S. Pedro de Moel - O Farol

Pedro Pinto

Recalques e as construções

Van Gogh (1890)

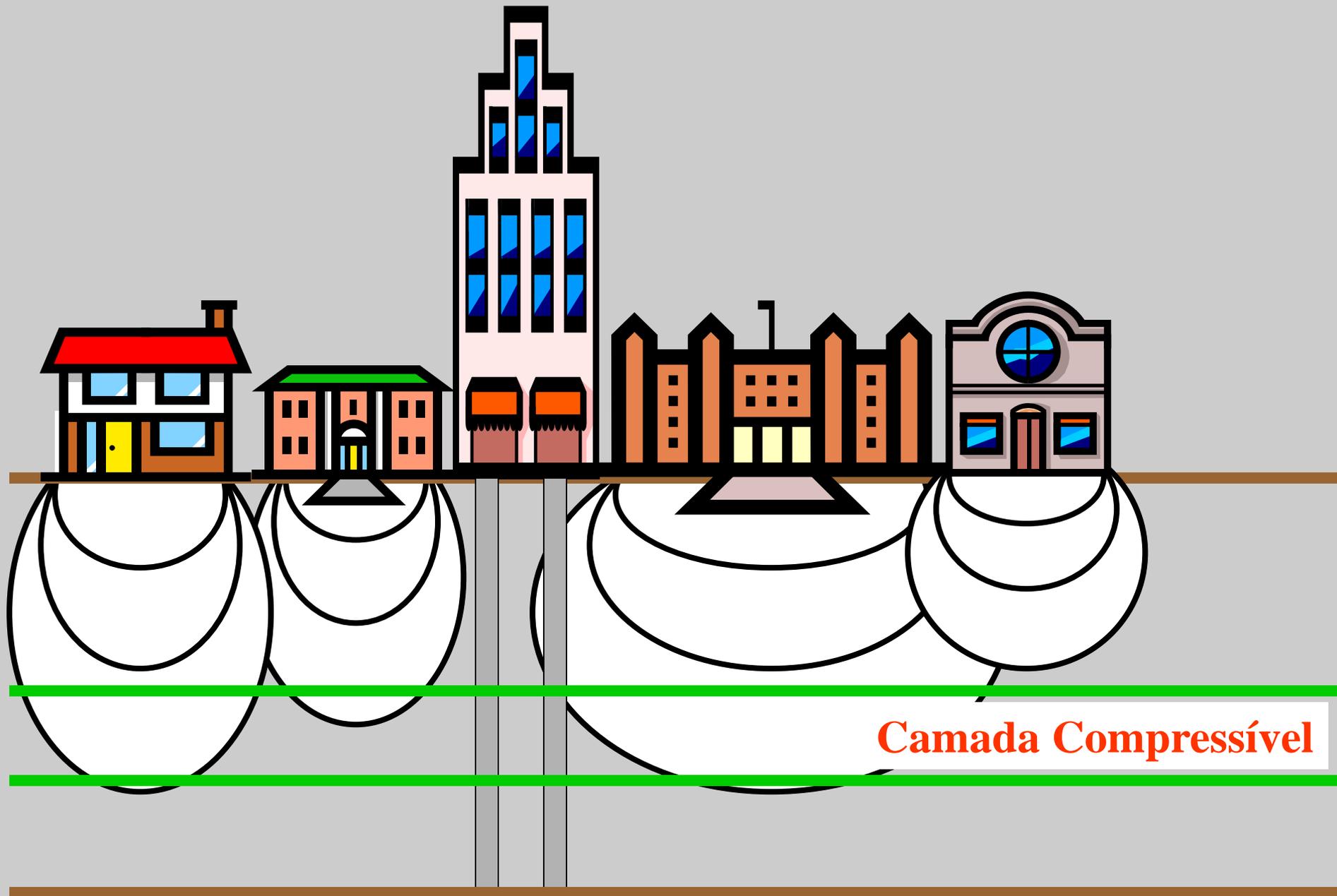




Santos

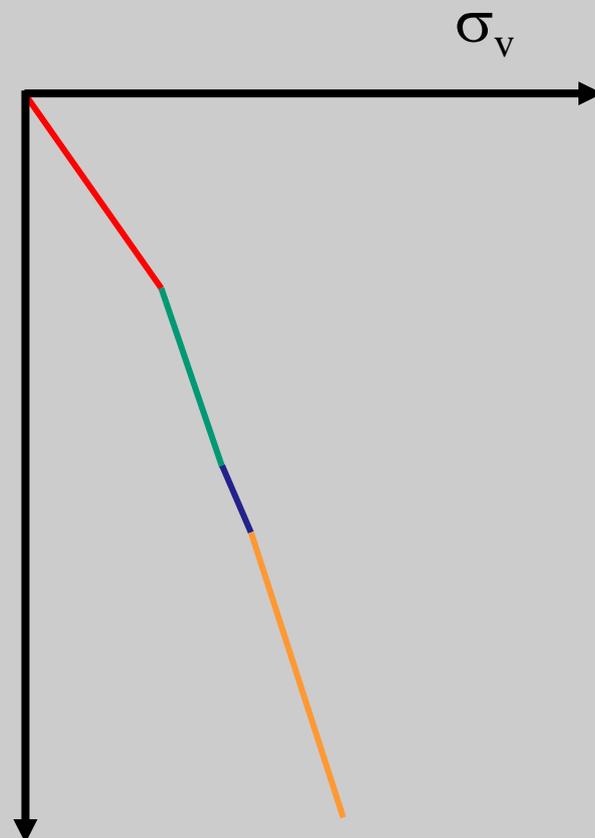


26 10 2001

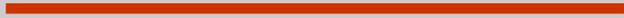


Camada Compressível

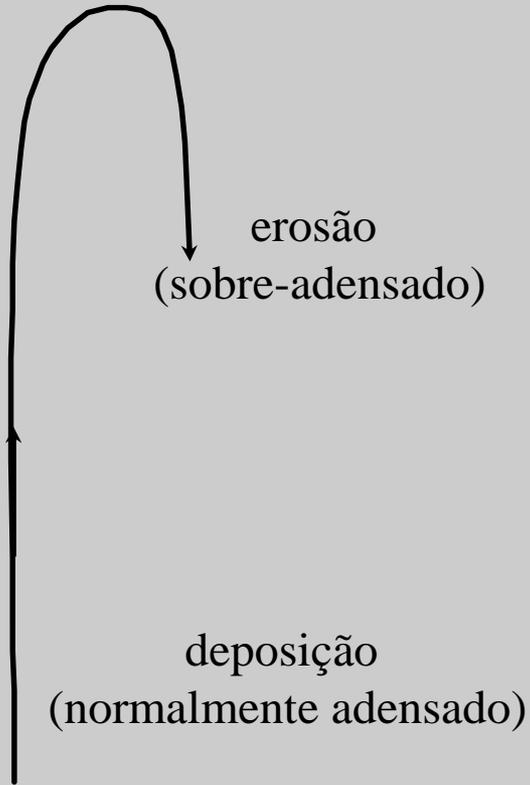
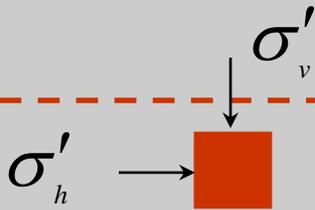
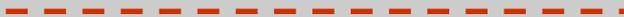
Tensão vertical no solo



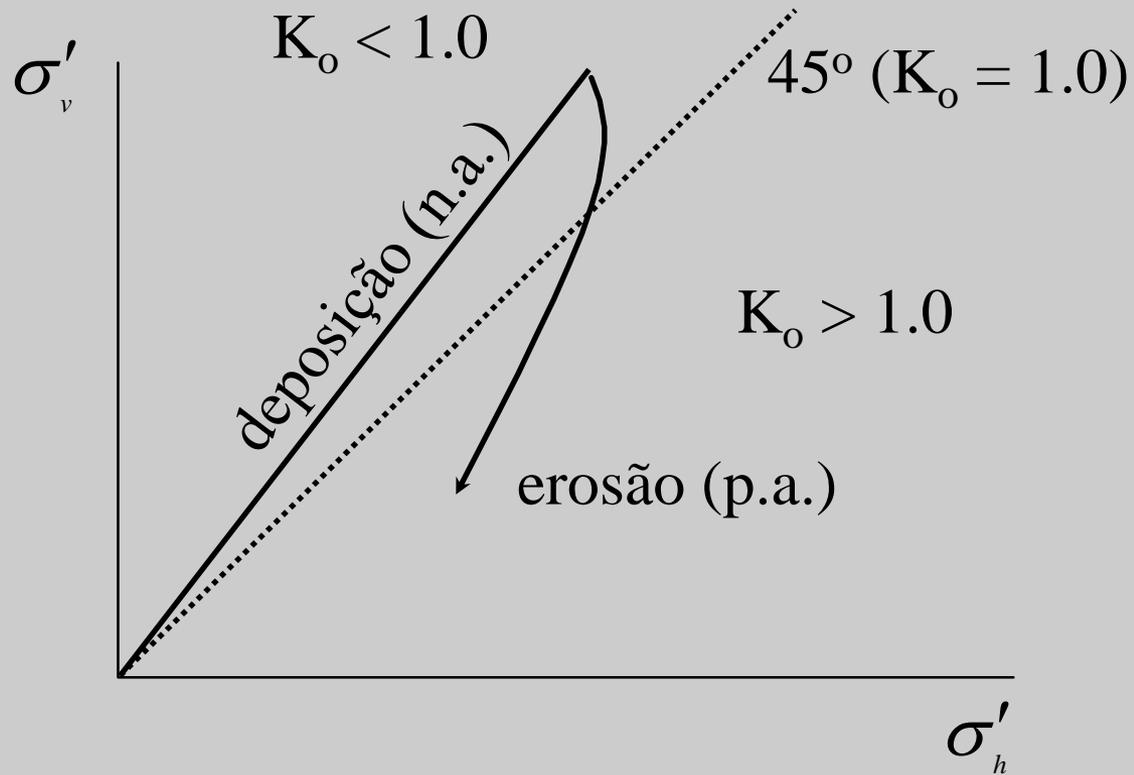
Trajetoira de Tensões Deposição e Erosão



sucessivas posições
da superfície do solo

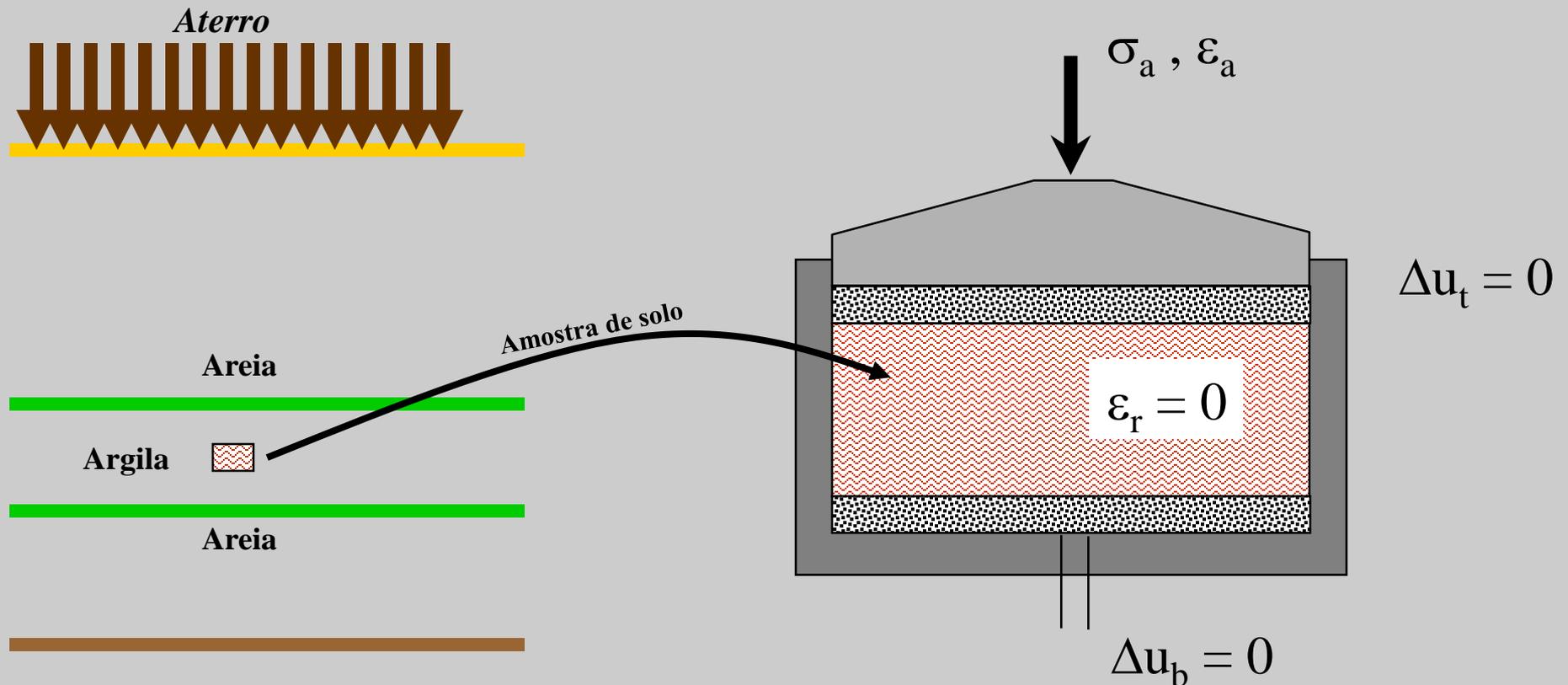


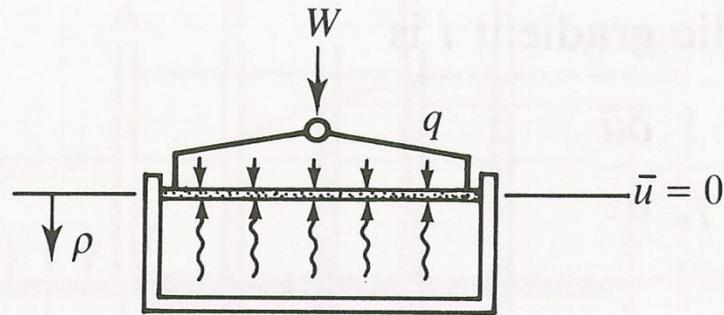
Trajetória de tensões



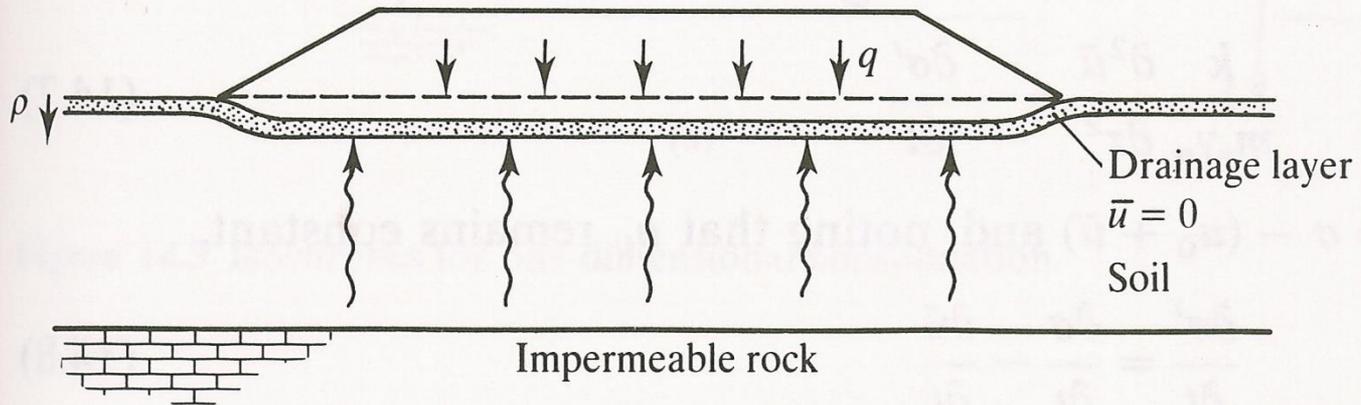
Compressão Uni-Dimensional - Ensaio de Adensamento

- **Condição K_0 - Deformação lateral nula.**
- **Fluxo de água - vertical (uni-dimensional)**

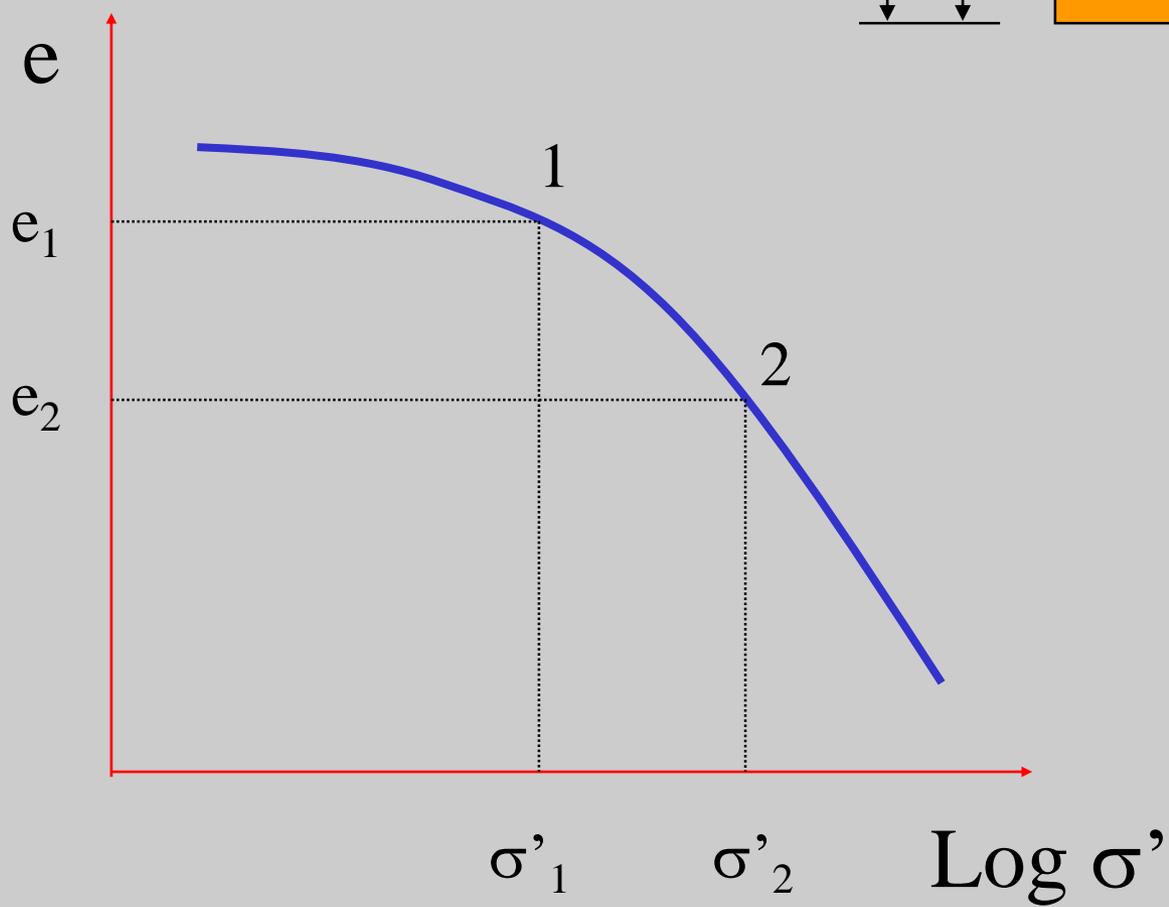
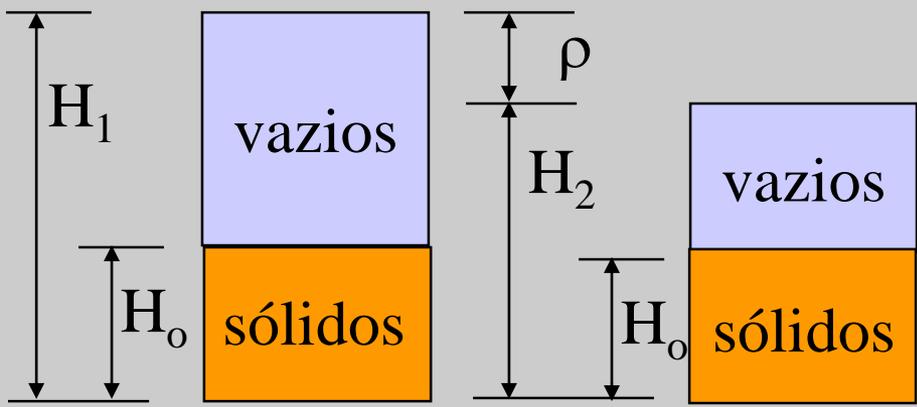




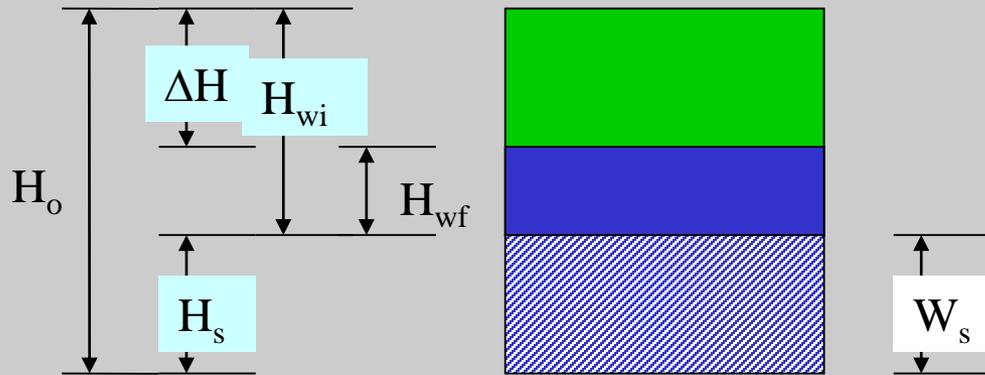
(a) Oedometer test



(b) Wide foundation



Cálculos do ensaio



H_f - Altura final da amostra - (ensaio)
 H_{wi} - Altura inicial de água = $w_i H_s G$
 H_{wf} - Altura final de água = $w_f H_s G$
 w - teor de umidade

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \Rightarrow V_s = \frac{M_s}{\rho_s}$$

$$H_s A = \frac{M_s}{\rho_s}$$

$$H_s = \frac{M_s}{A \rho_s} = \frac{M_s}{AG \gamma_w}$$

$$\rho_w = \frac{M_w}{V_w} \Rightarrow V_w = \frac{M_w}{\rho_w}$$

$$H_w A = \frac{M_w}{\rho_w} \Rightarrow H_w = \frac{M_w}{A \rho_w}$$

$$H_w = \frac{M_w}{A \rho_w} \frac{M_s}{M_s} \Rightarrow H_w = w \frac{M_s}{A \rho_w}$$

$$H_w = w \frac{M_s}{A} \frac{G}{\rho_s} \Rightarrow H_w = w H_s G$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{HA - H_s A}{H_s A} = \frac{H - H_s}{H_s}$$

Cálculos no ensaio

1 Altura de sólidos

$$H_s = \frac{M_s}{A\rho_s} = \frac{M_s}{AG\gamma_w}$$

2 Altura inicial de vazios

$$H_v = H_o - H_s$$

3 Índice de vazios inicial

$$e_o = \frac{V_v}{V_s} = \frac{H_v A}{H_s A} = \frac{H_v}{H_s}$$

4 Variação do índice de vazios para o primeiro incremento de carga

$$\Delta e_1 = \frac{\Delta H_1}{H_s}$$

5 Novo índice de vazios

$$e_1 = e_o - \Delta e_1$$

6 Demais carregamentos

$$e_2 = e_1 - \frac{\Delta H_2}{H_s}$$

Cálculos do recalque

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad H_1 = H_s + H_v$$

$$H_v = V_v \quad H_v = eV_s$$

$$H_1 = H_s + e_1 H_o$$

$$H_1 = H_s (1 + e_1)$$

$$H_2 = H_s (1 + e_2)$$

$$\rho = H_1 - H_2$$

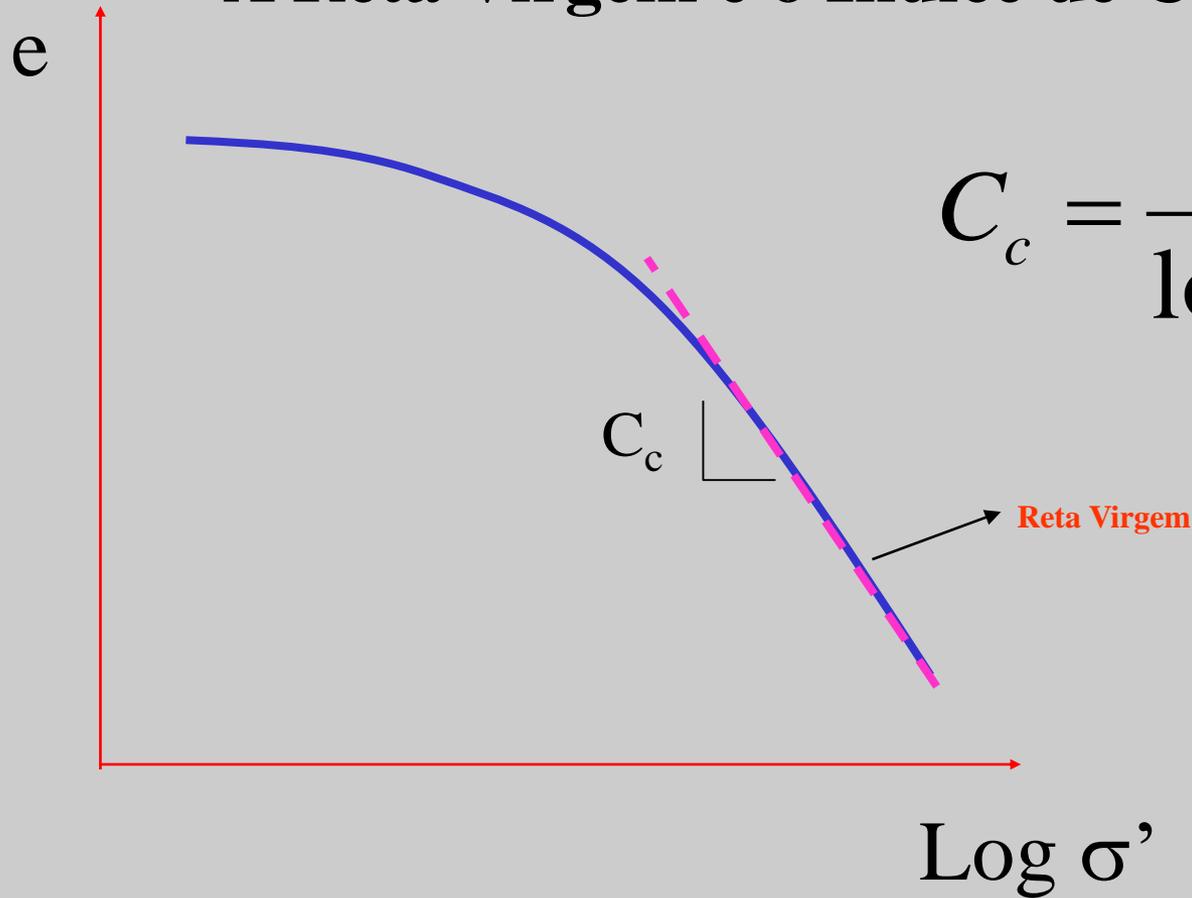
$$\rho = H_s (1 + e_1 - 1 - e_2)$$

$$\rho = H_s (e_1 - e_2)$$

$$H_s = \frac{H_1}{1 + e_1}$$

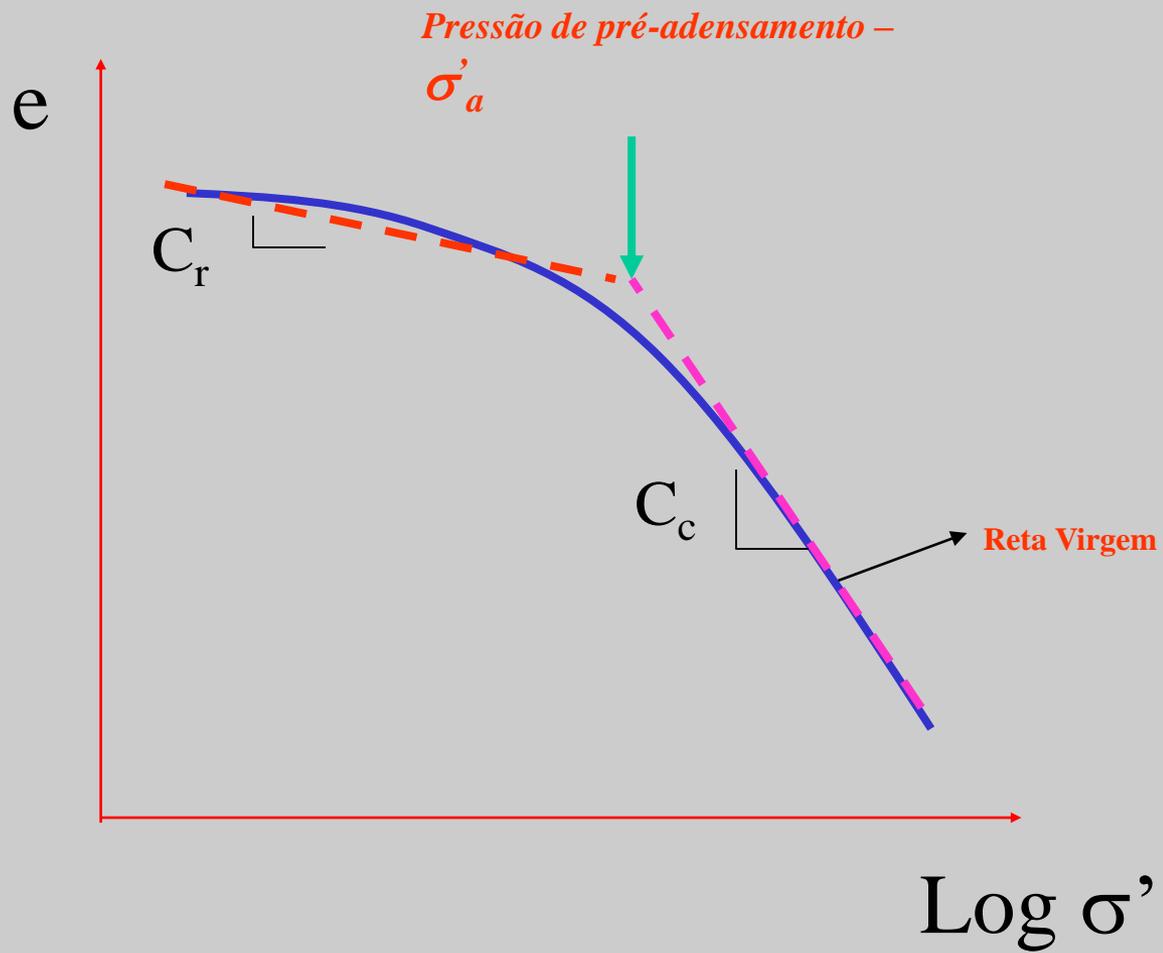
$$\rho = \frac{H_1}{1 + e_1} (\Delta e)$$

A Reta Virgem e o Índice de Compressão



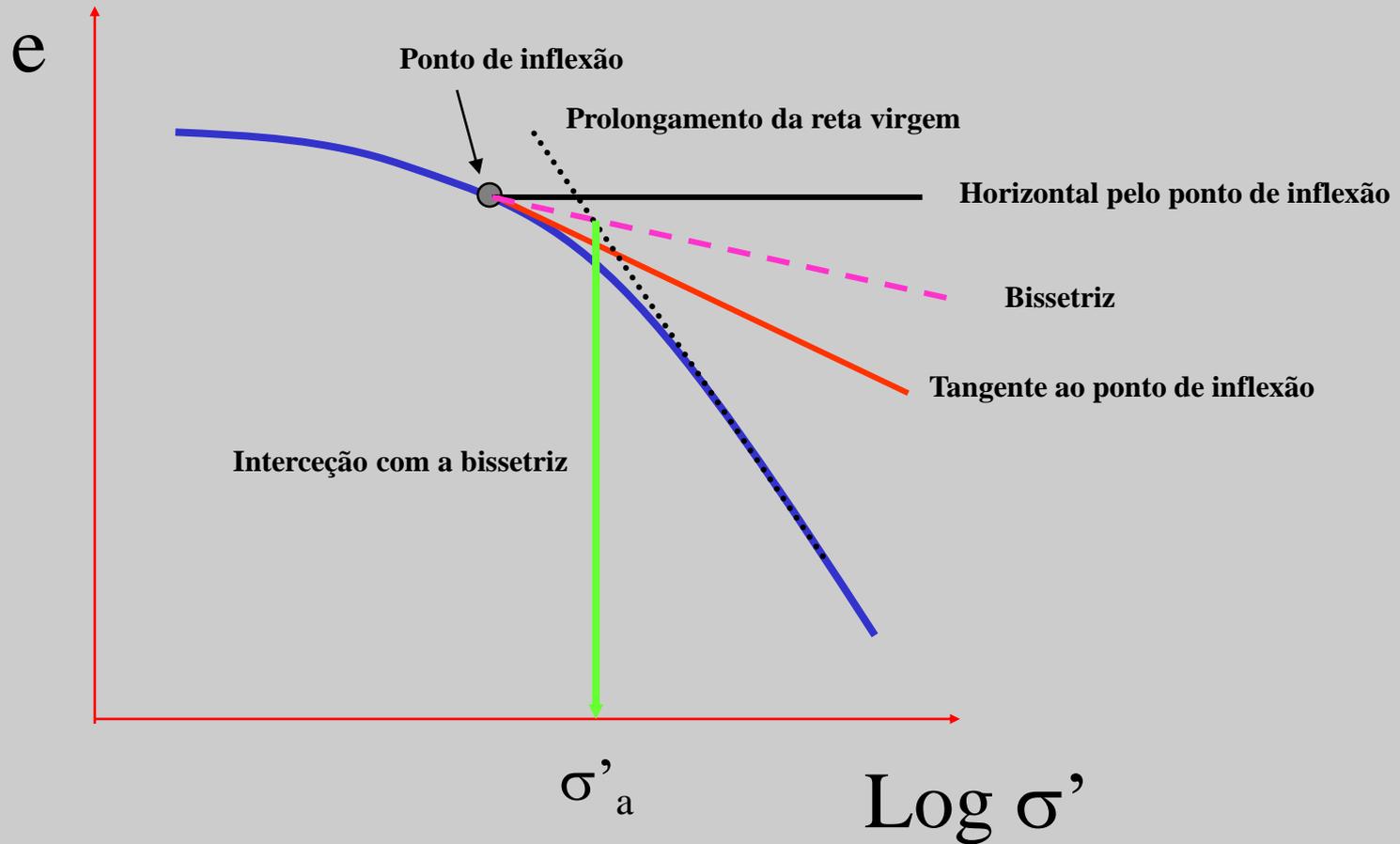
$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log \sigma'_2 - \log \sigma'_1}$$

$$\rho = C_c \frac{H_1}{1 + e_1} \log\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}\right)$$



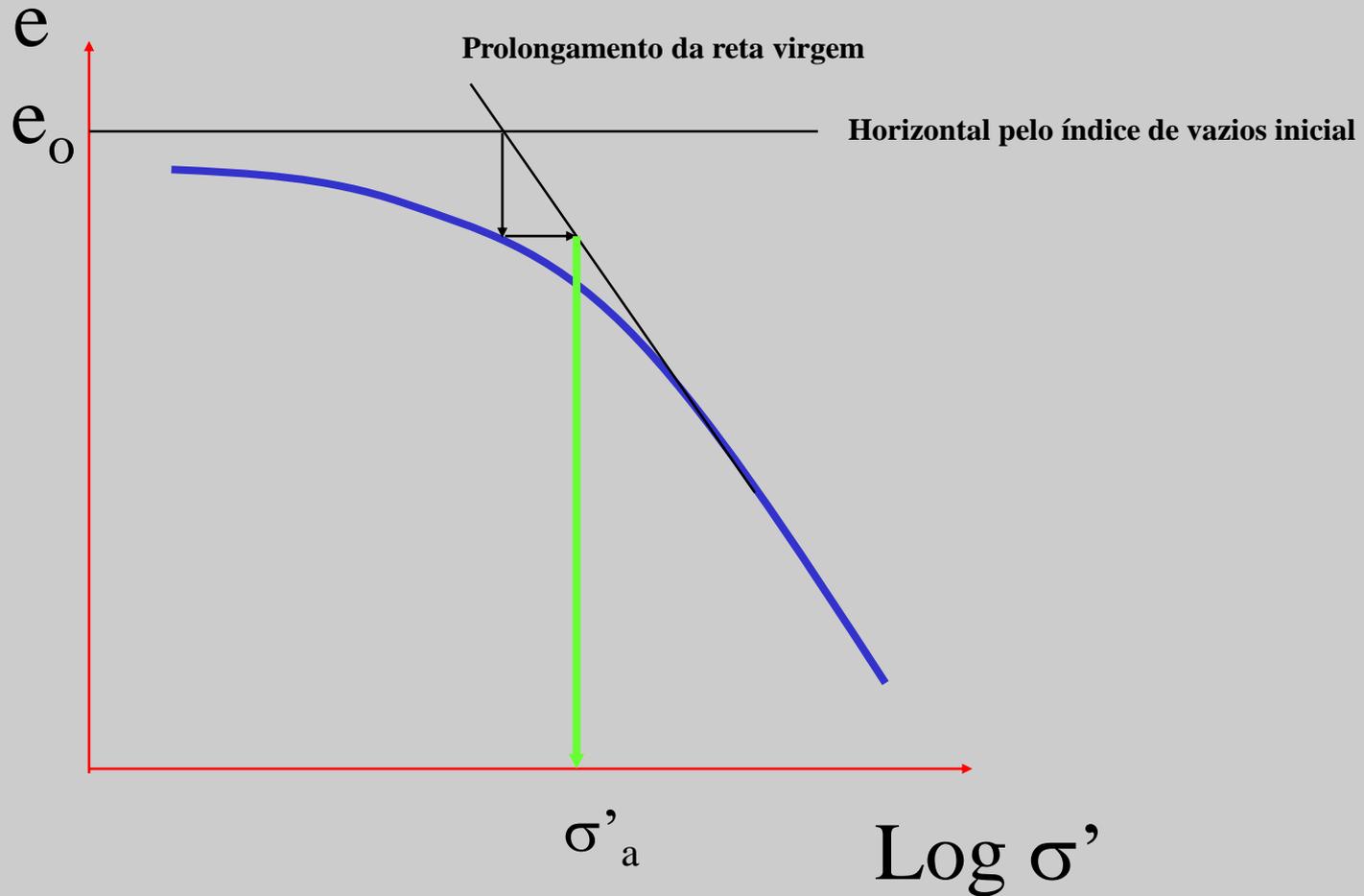
Determinação da Pressão de Pré-Adensamento

Método de Casagrande



Determinação da Pressão de Pré-Adensamento

Método de Pacheco Silva



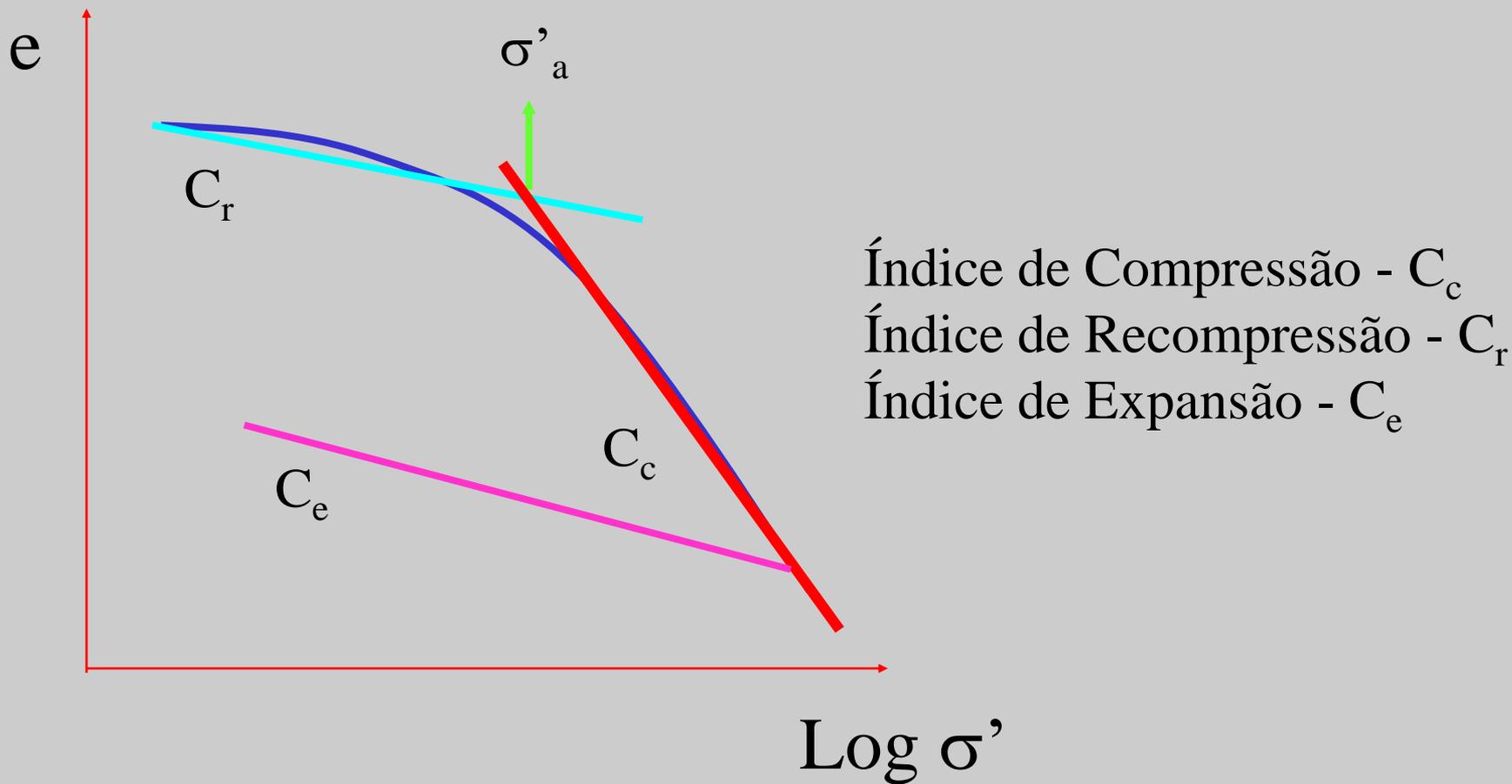
Solos Normalmente Adensados

A pressão de pré-adensamento é igual à pressão efetiva existente no solo por ocasião da amostragem

Solos Sobre-Adensados

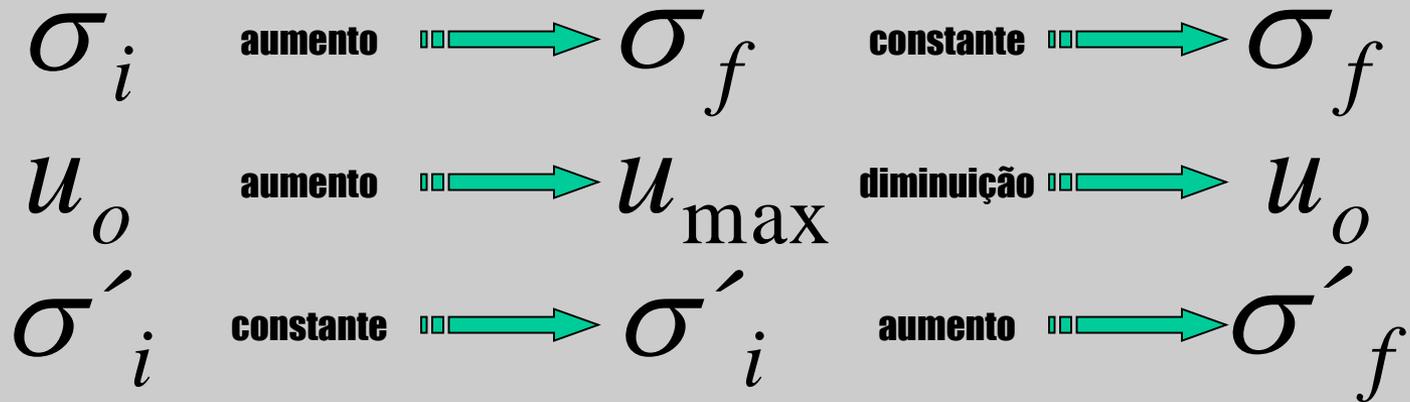
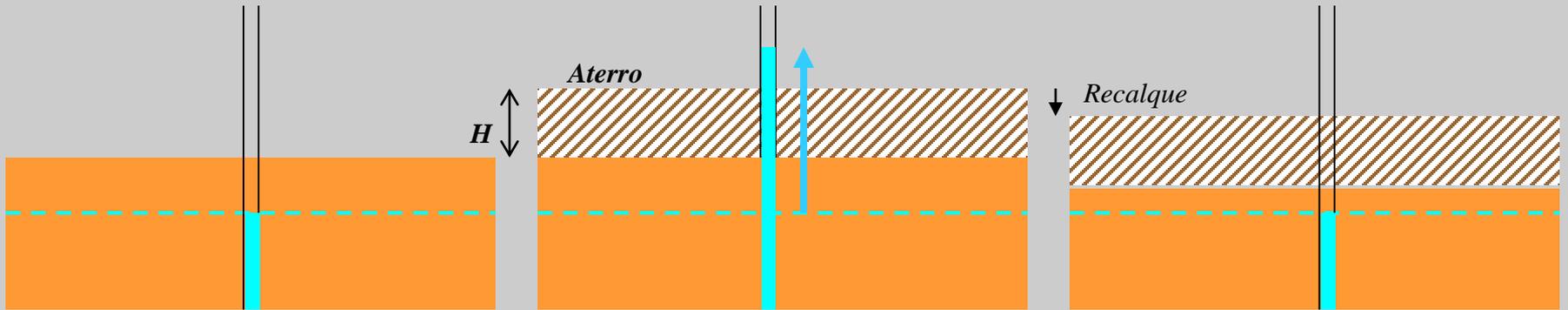
A pressão de pré-adensamento é muito superior à pressão efetiva existente no solo por ocasião da amostragem

$$(\text{Razão de Sobre Adensamento}) RSA = \frac{\sigma'_a}{\sigma'_v}$$



$$\rho = \frac{H_1}{1 + e_1} \left[C_r \log\left(\frac{\sigma'_a}{\sigma'_i}\right) + C_c \log\left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_a}\right) \right]$$

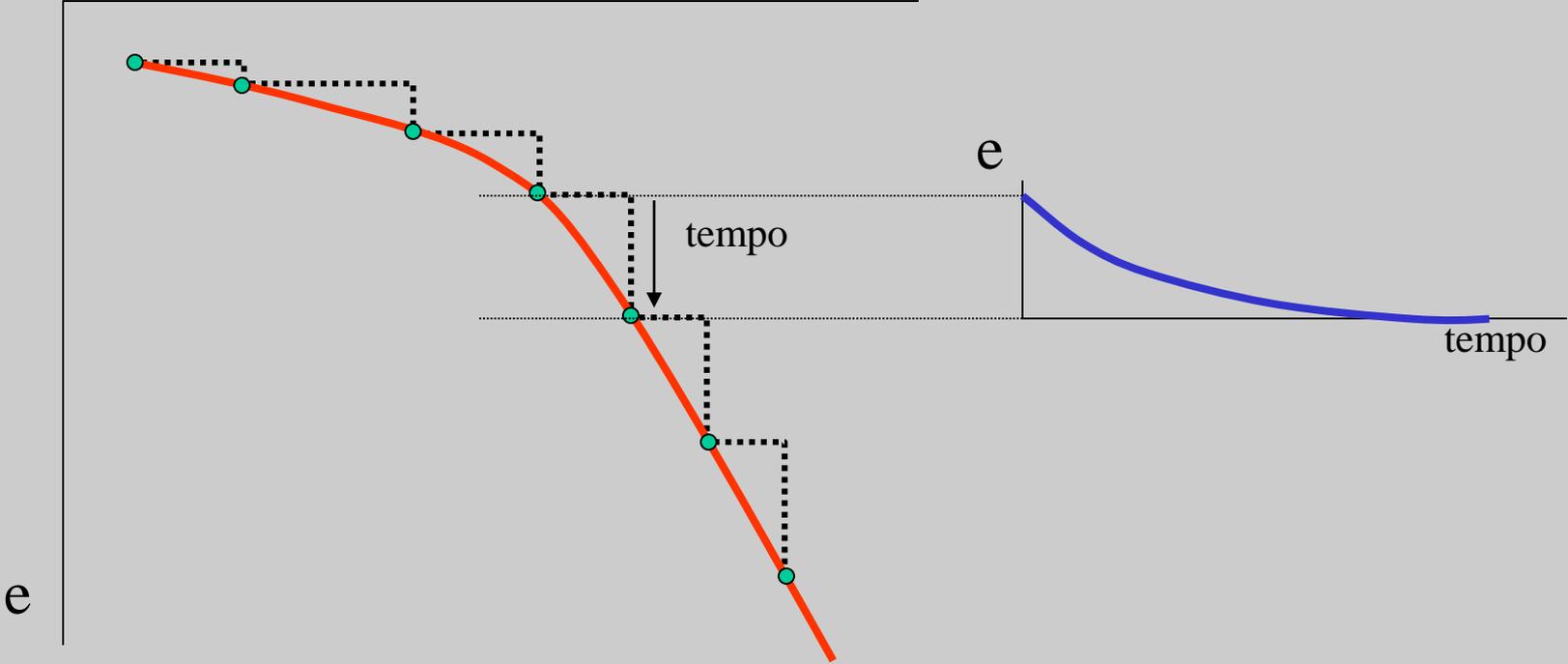
$$\gamma_{\text{aterro}} * H = \Delta\sigma = \Delta u$$



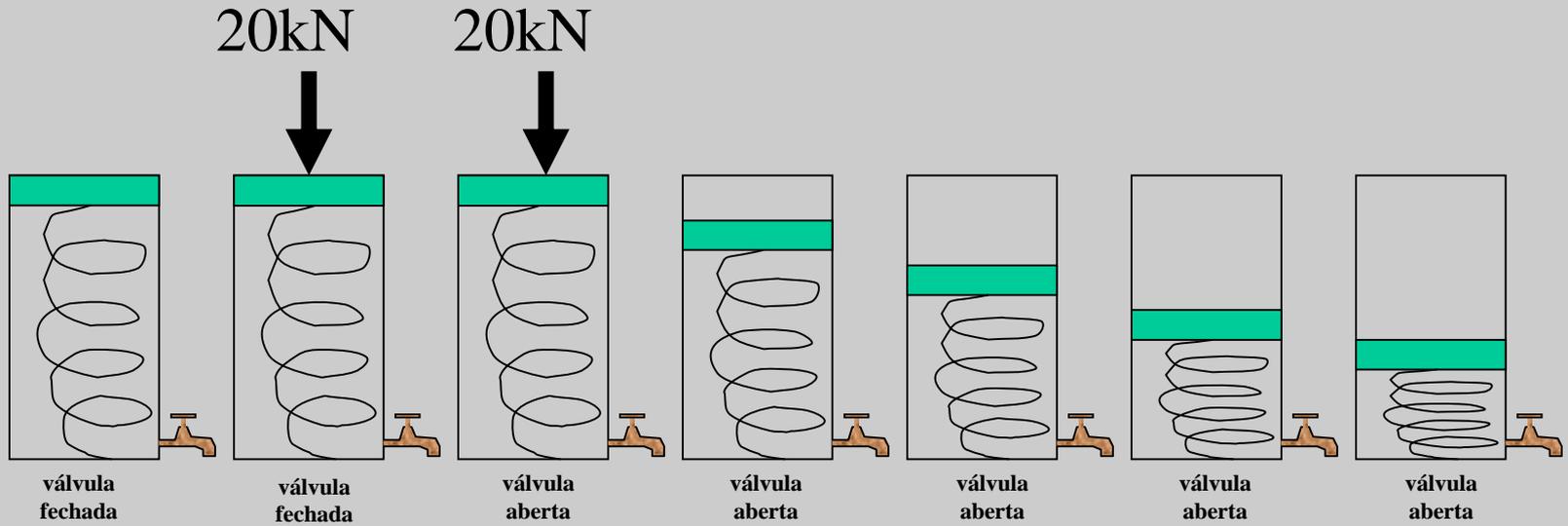
Hipóteses da Teoria do Adensamento

1. O solo é homogêneo.
2. O solo é saturado.
3. As partículas sólidas e a água são praticamente incompressíveis, em relação a compressibilidade do solo.
4. O solo pode ser estudado como elementos infinitesimais.
5. A compressão é unidimensional.
6. O fluxo é unidimensional.
7. O fluxo é regido pela lei de Darcy.
8. As propriedades do solo não variam no processo de adensamento.
9. O índice de vazios varia linearmente com o aumento da pressão efetiva durante o processo de adensamento.

Log (σ' , σ)



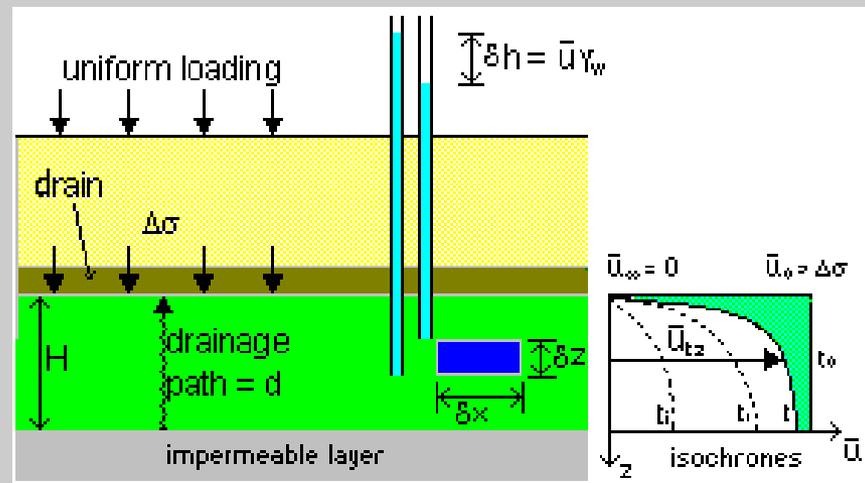
O Processo de Adensamento



Força suportada pela água	0	20	20	15	10	5	0
Força suportada pela mola	0	0	0	5	10	15	20
Porcentagem de adensamento		0	0	25	50	75	100

Tempo





O modelo uni-dimensional de adensamento aplica-se a um elemento de solo submetido a cargas verticais. Neste elemento o fluxo é uni-dimensional apenas.

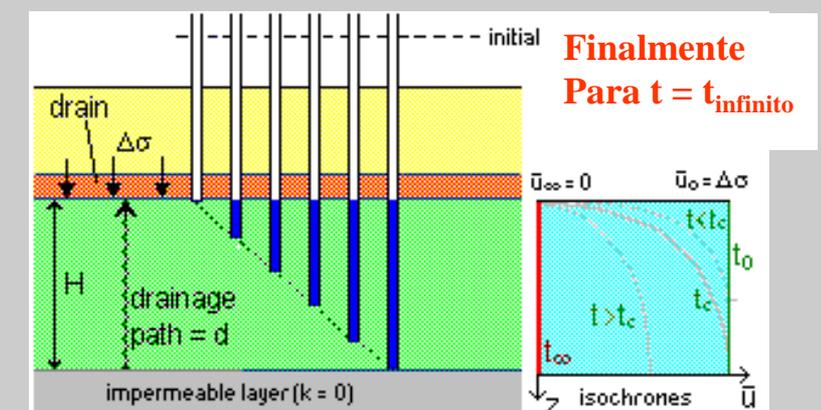
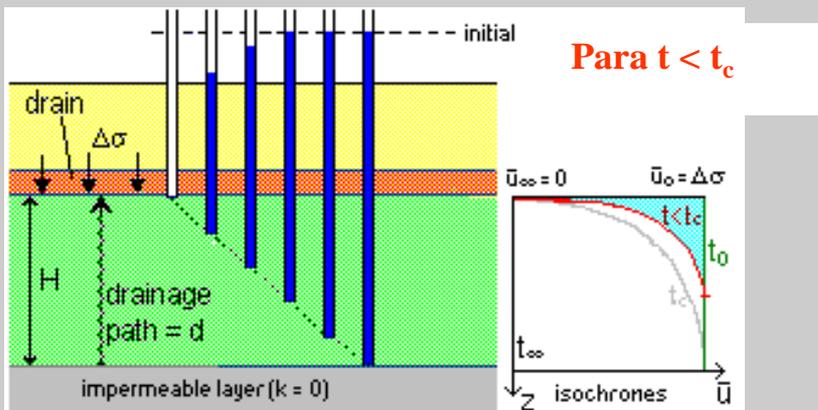
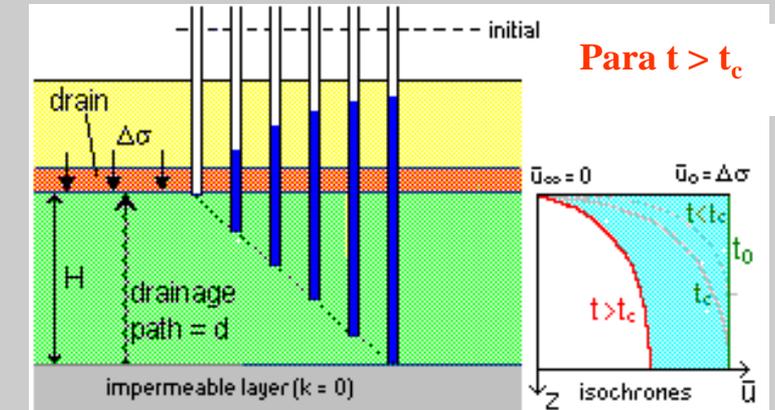
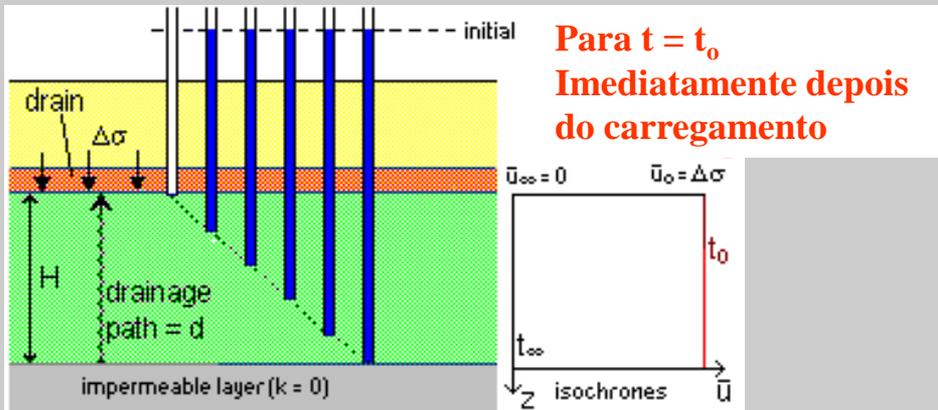
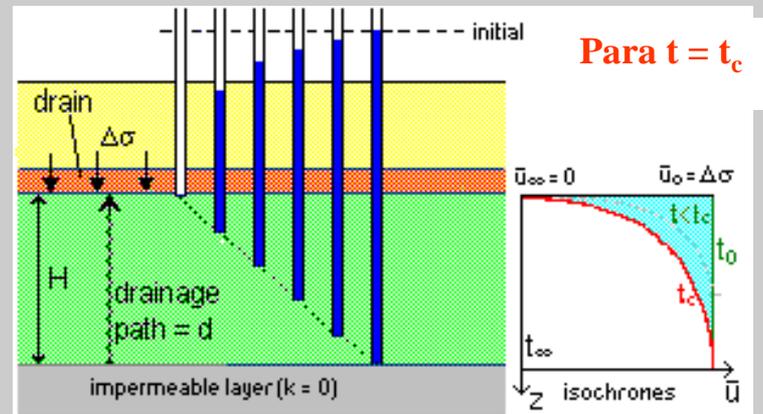
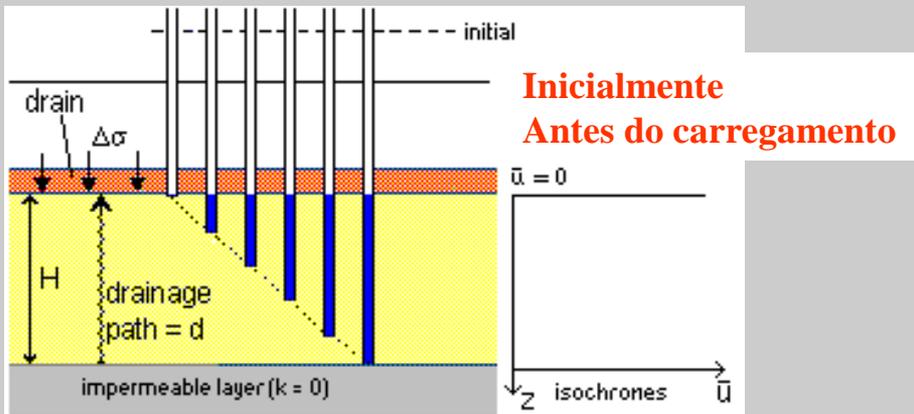
Existem três variáveis:

- **Excesso de pressão neutra**
- **Profundidade do elemento na camada (z)**
- **Tempo depois da aplicação da carga (t)**

A tensão total no elemento é admitida constante.

O coeficiente de compressibilidade (m_v) é admitido como constante.

O coeficiente de permeabilidade (k) para fluxo vertical é constante.



Porcentagem de Adensamento

$$U = \frac{\rho}{\rho_T} = \frac{e_1 - e}{e_1 - e_2}$$

Variação linear entre e e σ' (hipótese 9)

$$U = \frac{\rho}{\rho_T} = \frac{e_1 - e}{e_1 - e_2} = \frac{AB}{AD} = \frac{BC}{DE} = \frac{\sigma' - \sigma'_1}{\sigma'_2 - \sigma'_1}$$

A porcentagem de recalque é a relação entre o acréscimo de pressão efetiva ocorrido até o instante t e o acréscimo total da pressão aplicada.

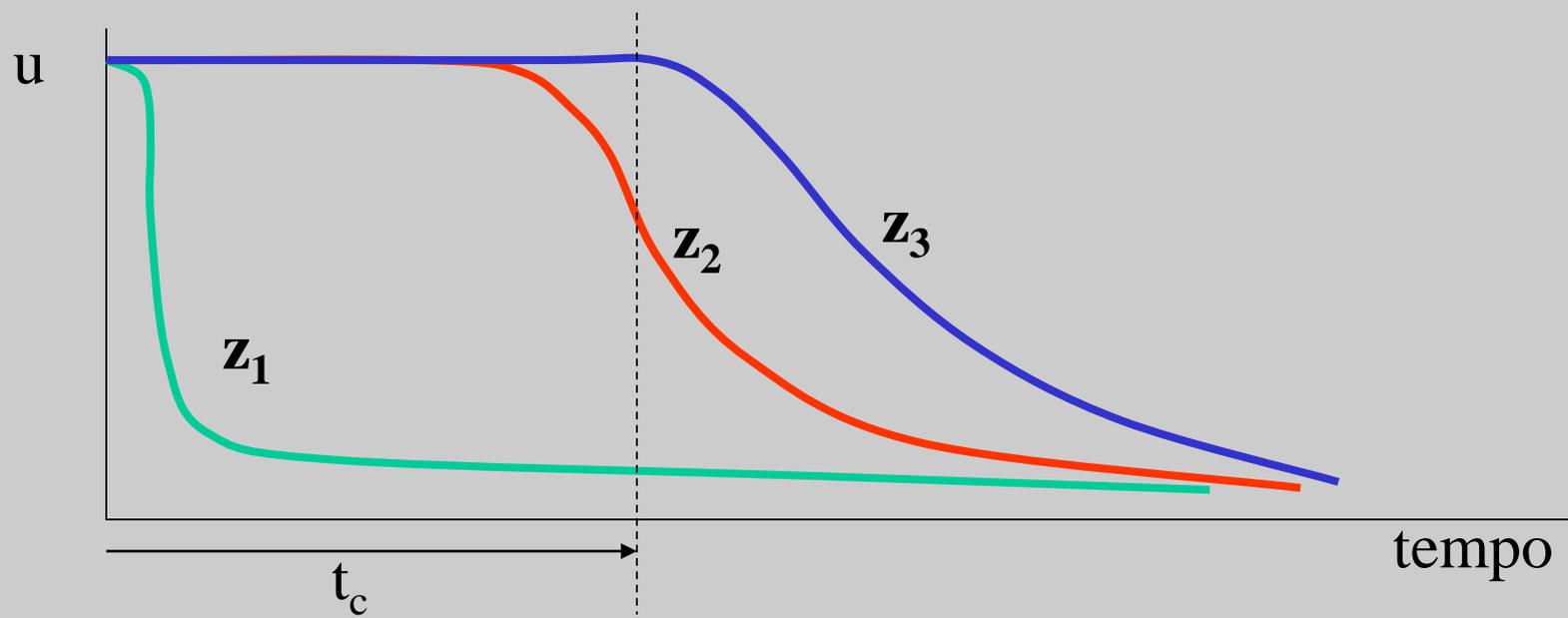
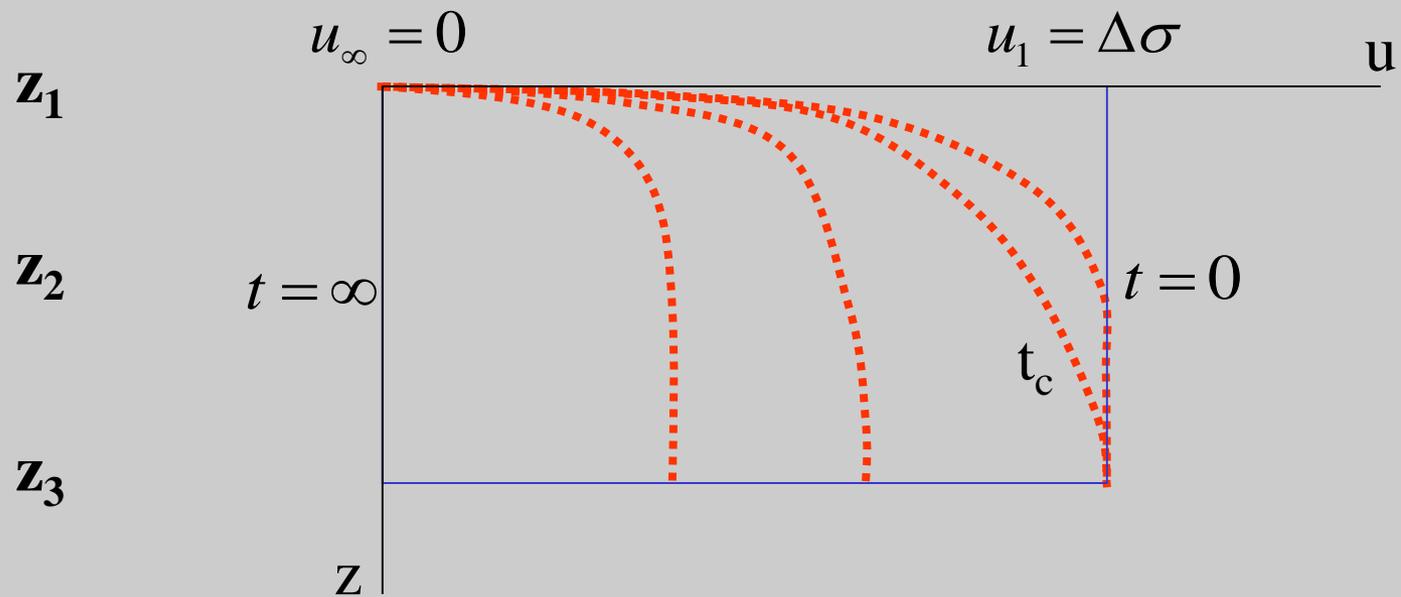
$$U = \frac{\rho}{\rho_T} = \frac{e_1 - e}{e_1 - e_2} = \frac{\sigma' - \sigma'_1}{\sigma'_2 - \sigma'_1} = \frac{u_1 - u}{u_1}$$

Condições de contorno para solução da equação:

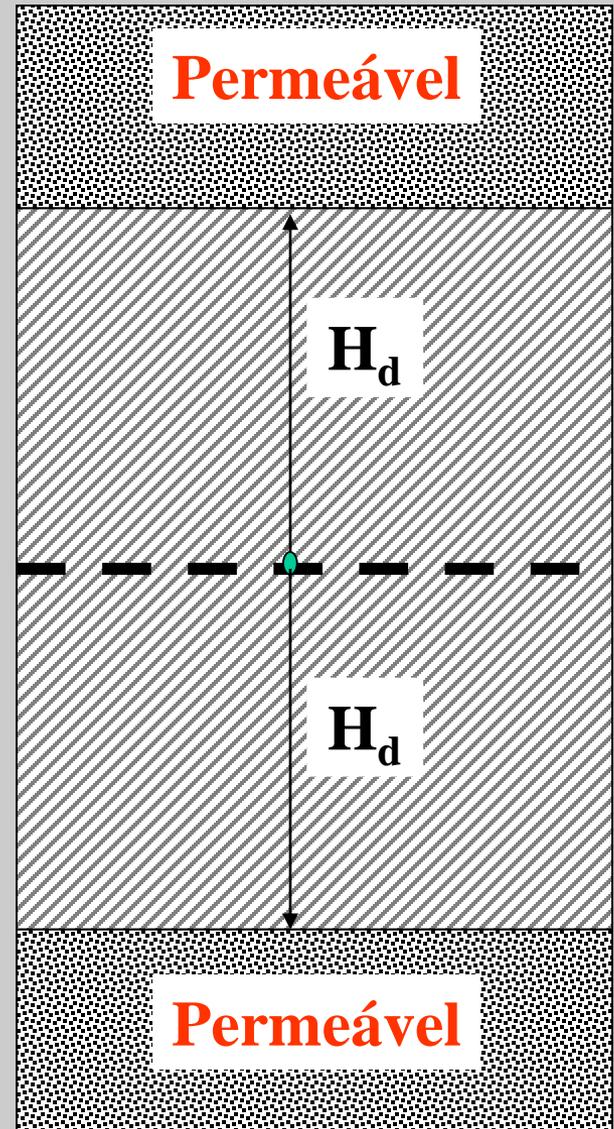
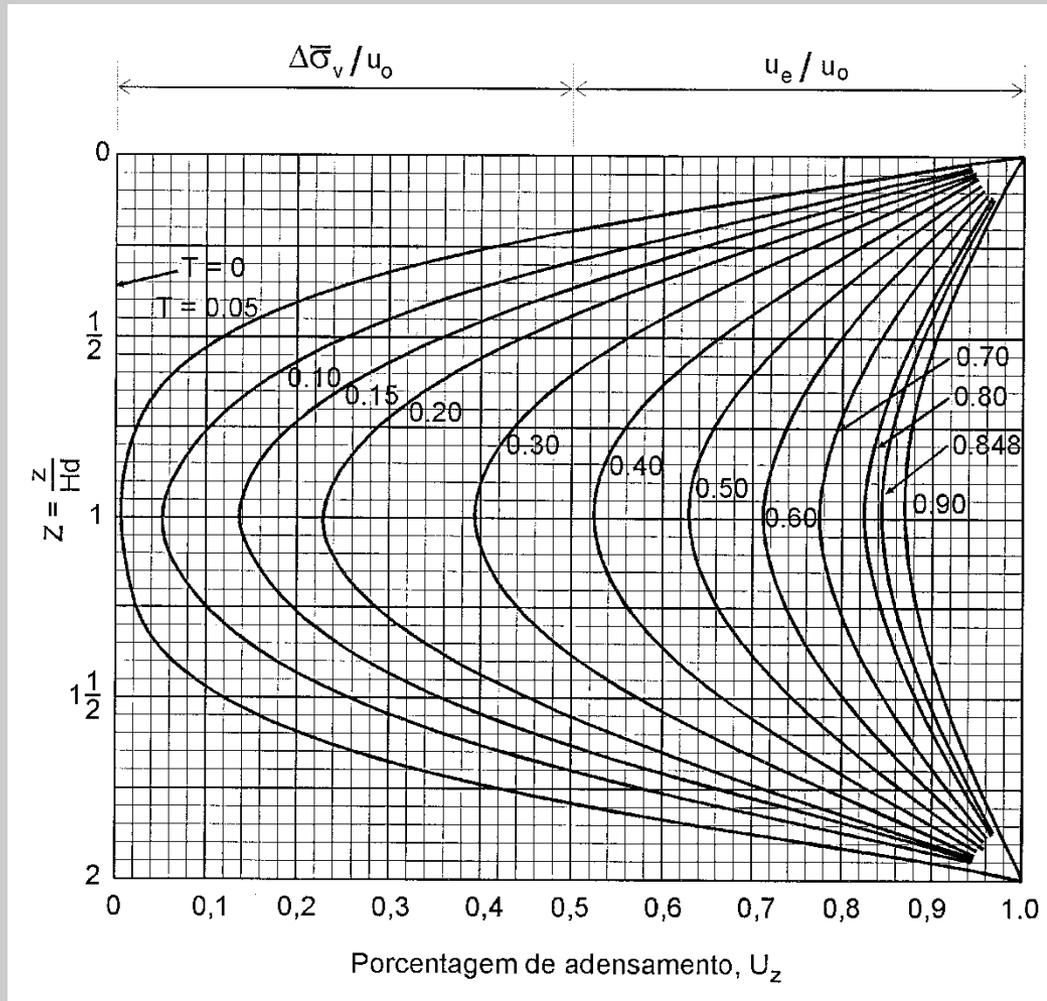
- Existe completa drenagem nas duas extremidades, logo, para $t = 0$, a poro pressão nestas extremidades é nula. (numa extremidade $z = 0$ e na outra $z = 2H_d$).
- A poro pressão inicial, constante com a profundidade, é igual ao acréscimo de pressão aplicada.

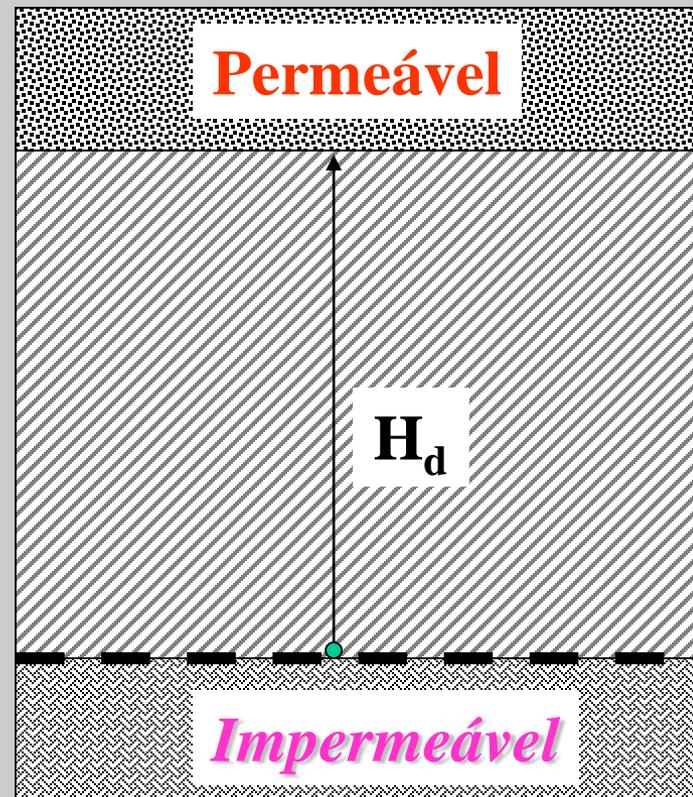
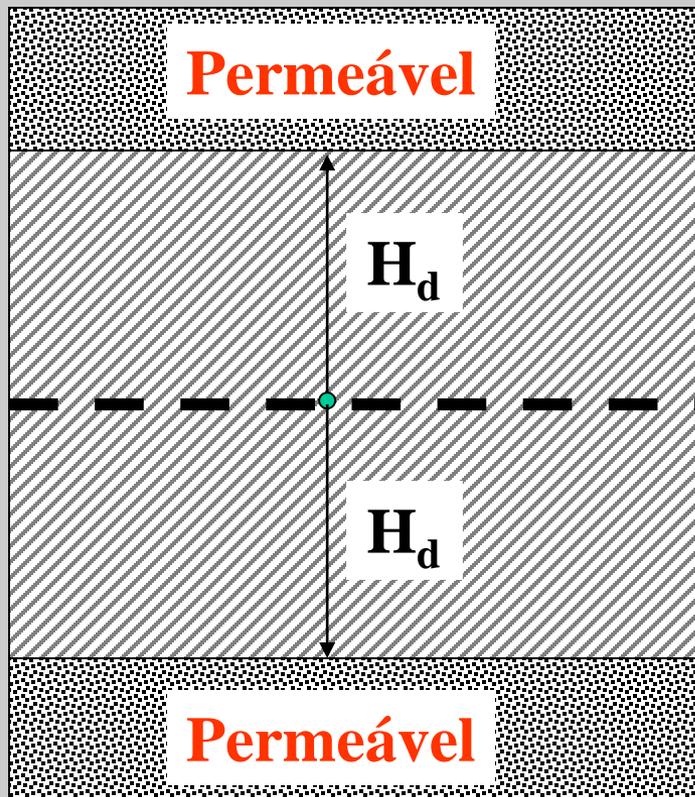
Solução

$$T = \frac{C_v t}{H_d^2} \quad U_z = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M} \left(\text{sen} \frac{Mz}{H} \right) e^{-M^2 T}$$
$$M = \frac{\pi}{2} (2m + 1)$$



Informações em profundidade e no tempo





Recalque na Superfície

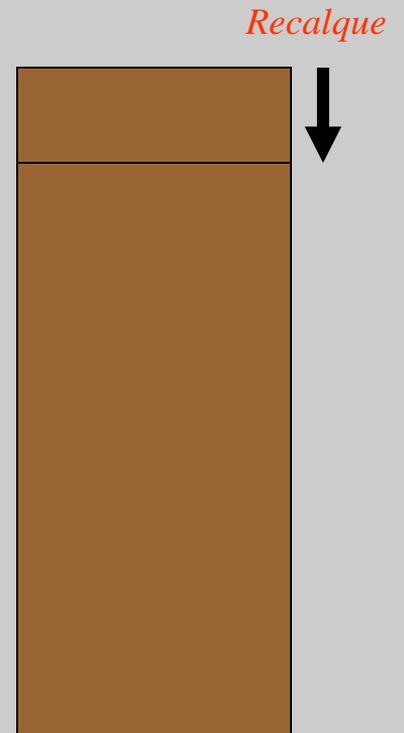
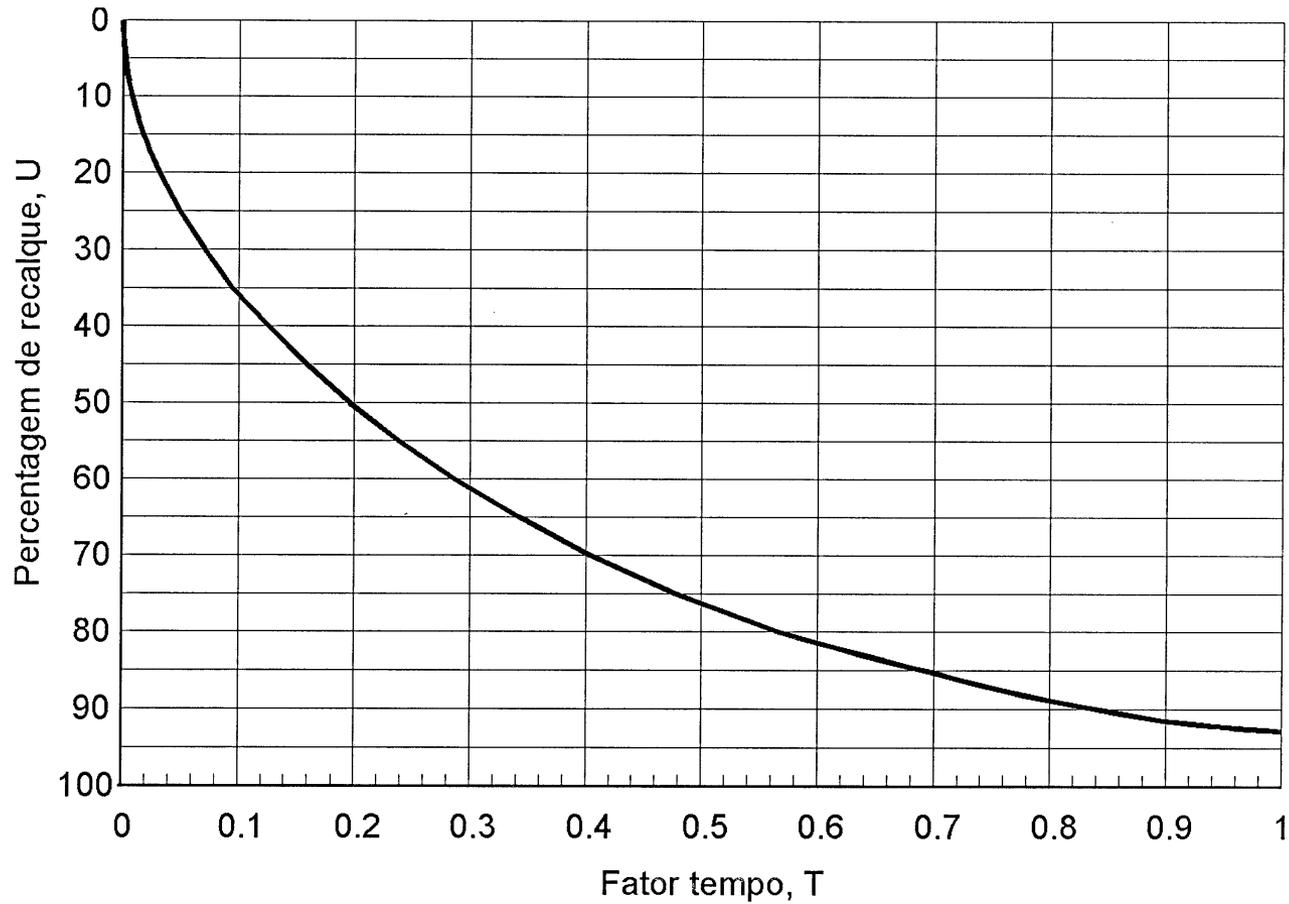
Somatória dos recalques dos diversos elementos ao longo da profundidade. A integração de todos estes recalques, dá origem ao recalque total.

$$U = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 T}$$

Para $U < 60\%$

$$U = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{T}$$

Recalque na superfície



Adensamento Secundário

