

# Shs 5896

---

2020

---

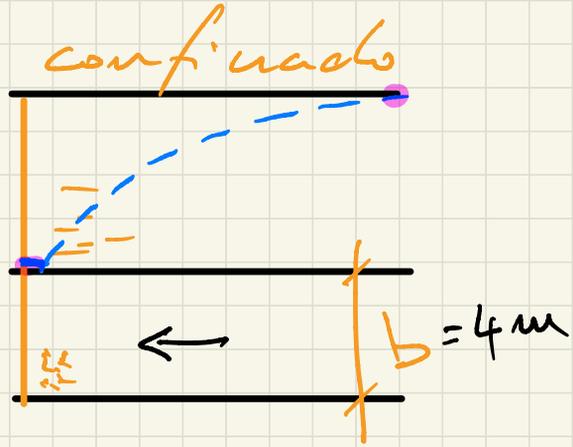
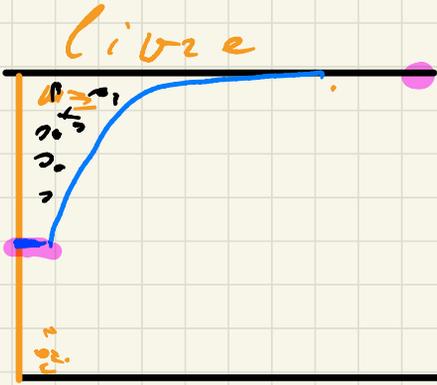
Edson Wendland

---

EESC / USP



# Exercício 3



$$S \frac{\partial h}{\partial t} = T \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) + Q$$

$$h = f(t)$$

$$S = S_0 \cdot b$$

livre

$$S = S_y = n$$

$$S_x \approx 0,2$$

$$\frac{S_l}{S_x} \approx 10^3$$

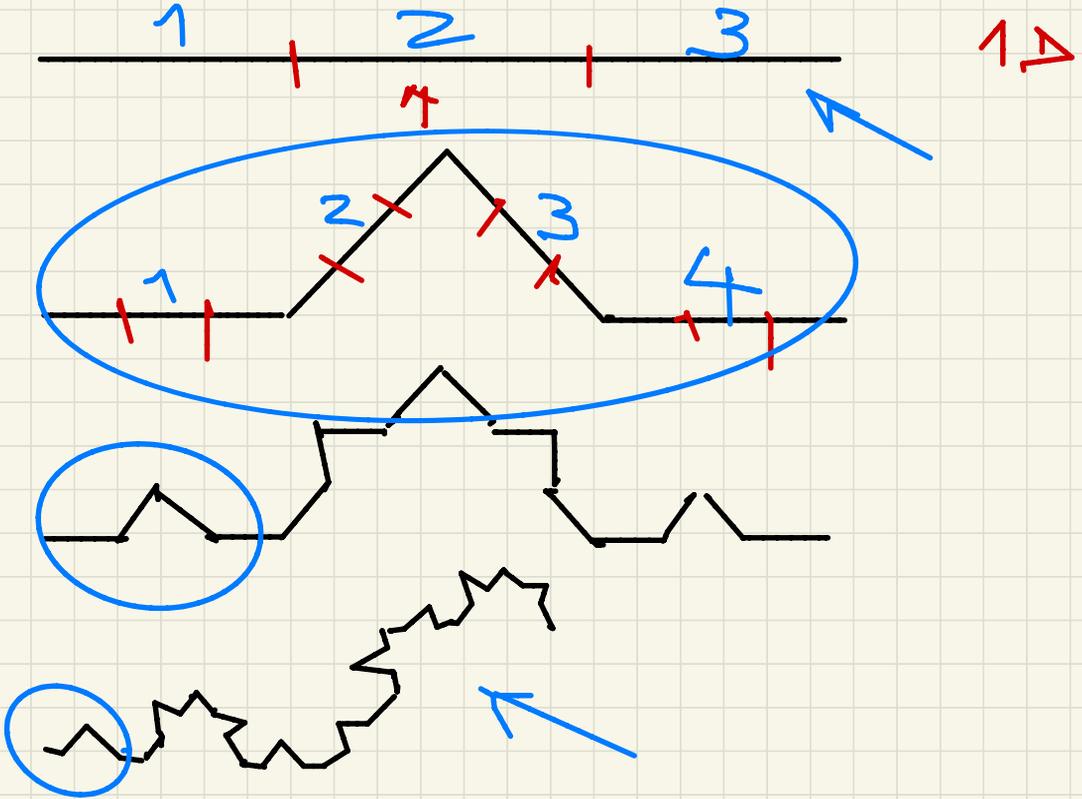
confinado

$$S_0 = f(\alpha, \beta)$$

$$S_0 = 0,0000 \text{ s}$$

$$S_x = 0,0002$$

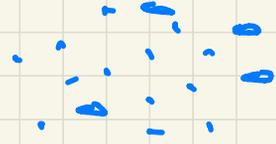
número fractal  
auto-simil: Larielade



$$N = \frac{4}{3} = 1,33 D$$

# Simbologia

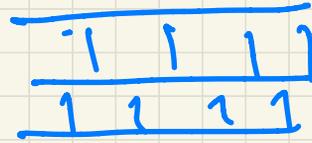
arenosos



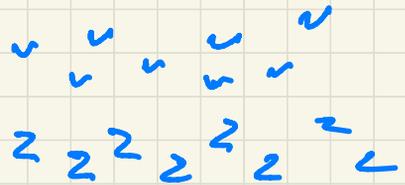
f. lte =  
arg. lo.



calcáreos  
carbonatos



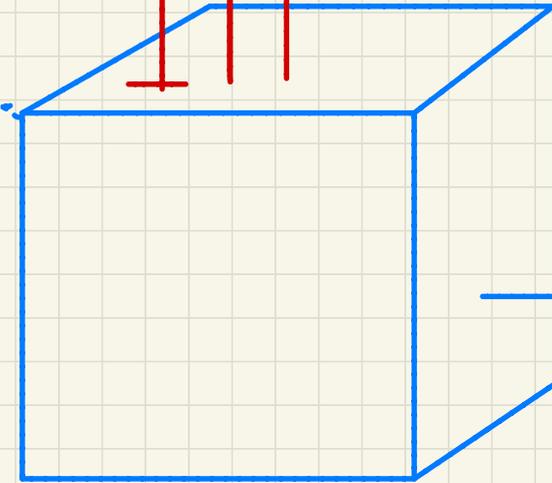
magnéticas



03/09/2020

$$p = \rho \cdot h$$

1 litro



$$V = 1 \text{ m}^3$$

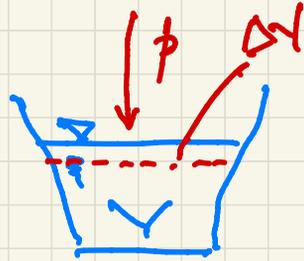
$$h = 20 \text{ m}, 100 \text{ m}, 1000 \text{ m}, 250 \text{ m}, 100 \text{ m}, 1000 \text{ m}, 500 \text{ m}$$

$$p = 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

# Compressibilidade

$$\beta = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$$

$$\beta = - \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{p}$$



$$\rightarrow \rho = 9789 \text{ N/m}^3$$

$\sim V = 1 \text{ m}^3$

$$\Delta V = -1 \text{ l} = -10^{-3} \text{ m}^3$$

$$p = - \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{\beta}$$

$$p = \frac{10^{-3}}{1} \cdot \frac{1}{4,8 \cdot 10^{-10}} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$p = \frac{10 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{10}}{4,8} \approx 2 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$p \approx 2 \cdot \text{MPa}$$

$$p = \rho \cdot h \quad \therefore h = \frac{p}{\rho} = \frac{2 \cdot 10^6}{9789} \approx 200 \text{ mca}$$

$$m_x = \rho \cdot v_x \cdot \Delta x$$

$$= \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{m}^2$$

$$m_x = \text{kg/s}$$

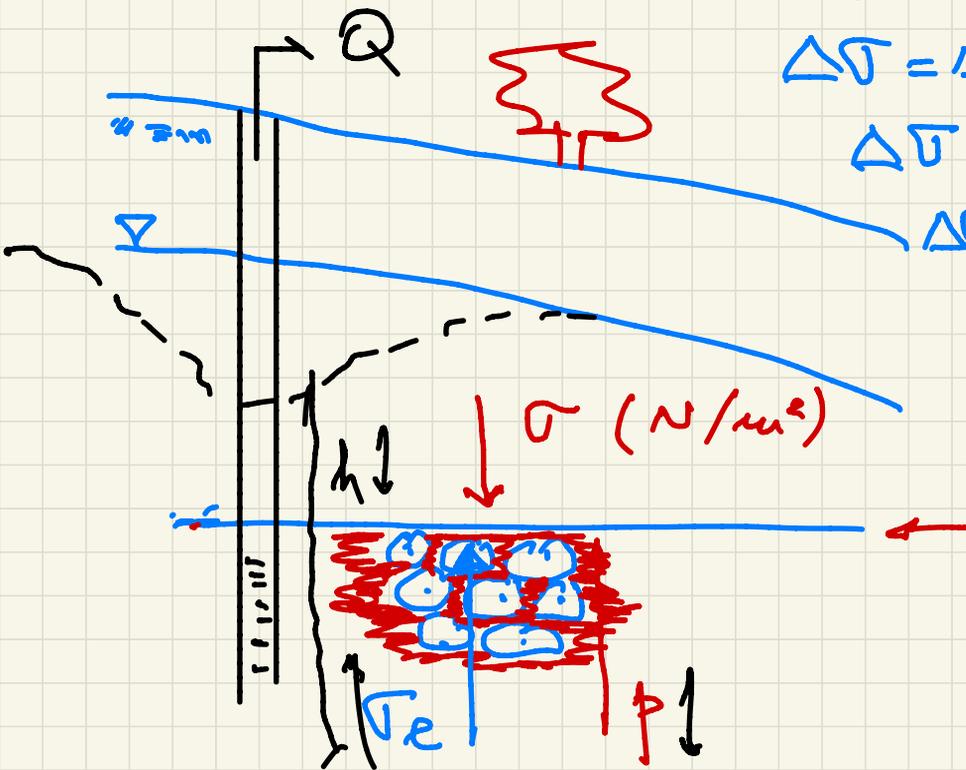
$$\frac{\partial m}{\partial t} = \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\sigma = \sigma_e + p$$

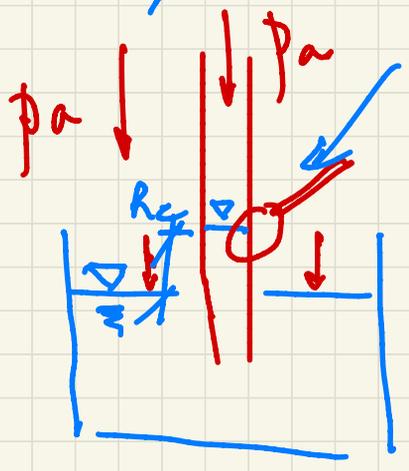
$$\Delta \sigma = \Delta \sigma_e + \Delta p$$

$$\Delta \sigma = 0$$

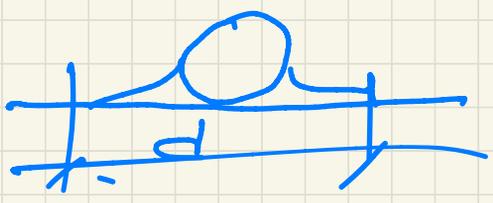
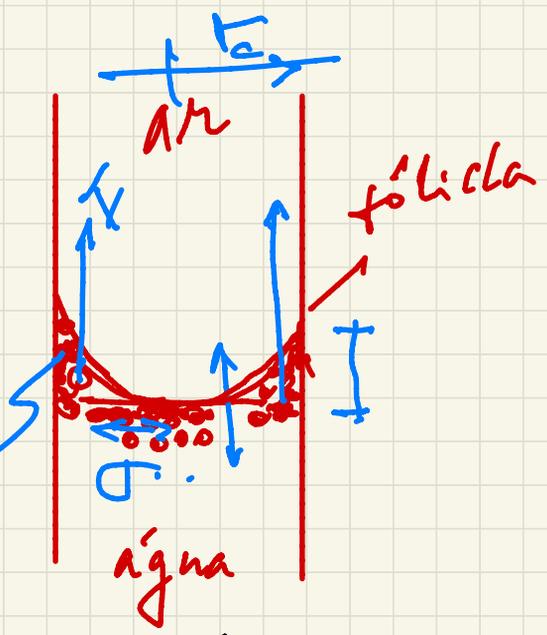
$$\Delta \sigma_e = -\Delta p$$



# Capilaridade

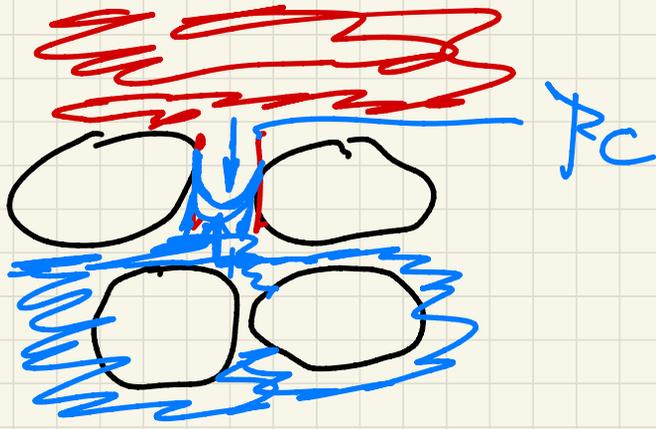


molhabilidade

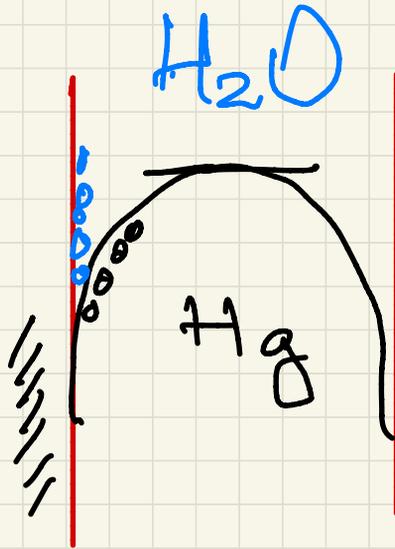


$$h_c = f(\sigma_c, r_m)$$

$$\phi_c = \phi_{H_2O} - \phi_{ar}$$



$$p_c = p_a - p_o$$



EOP

fluxo

10/09/2020

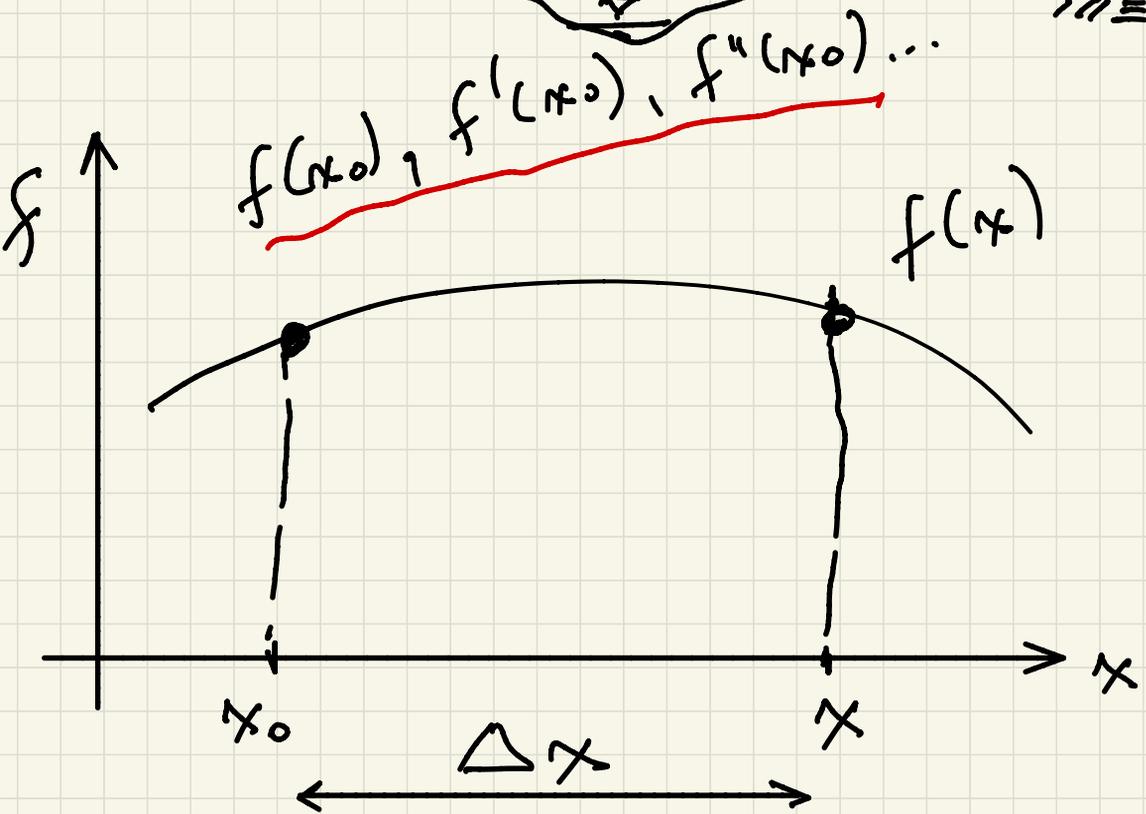
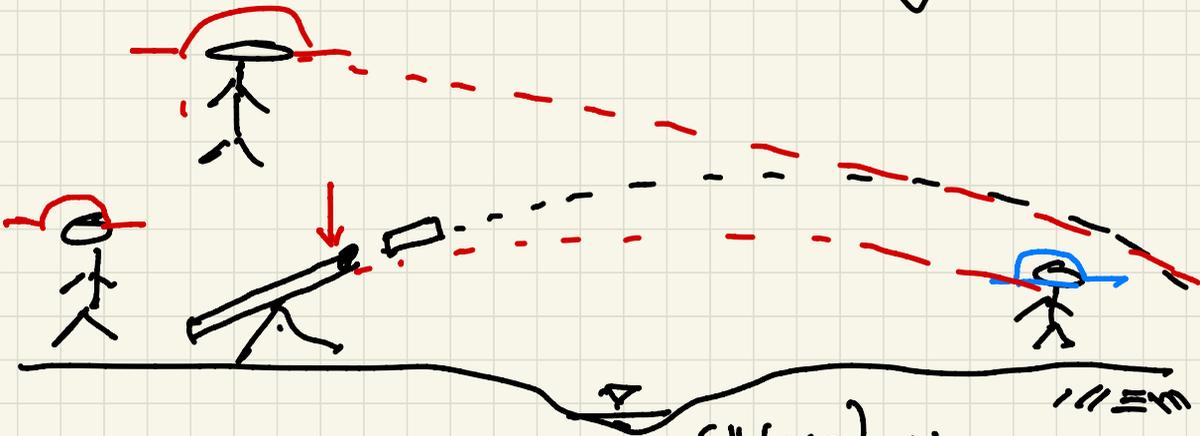
$$\text{So } \frac{\partial h}{\partial t} = -\nabla \cdot (K \nabla h) + Q$$

$$\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}$$

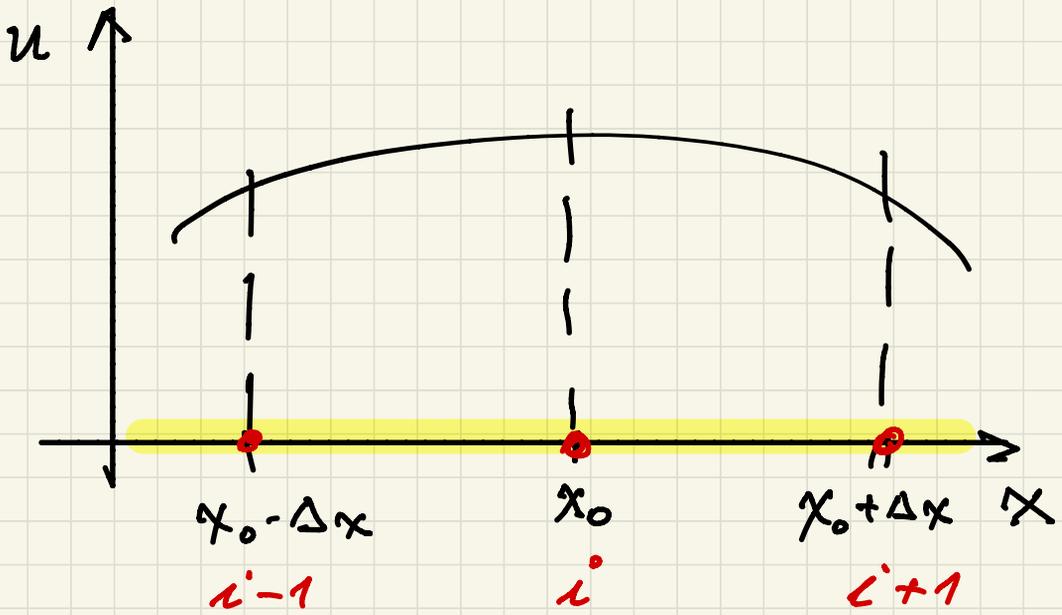
$$\bar{h} \approx \sum_{i=1}^n a_i \cdot \psi_i$$

$$= a_1 \psi^1 + a_2 \psi^2 + a_3 \psi^3 + \dots$$

# Séries de Taylor



$$f(x) = f_{x_0} + f'_{x_0} \cdot \Delta x + f''_{x_0} \cdot \frac{\Delta x^2}{2!} + f'''_{x_0} \frac{\Delta x^3}{3!} + \dots$$



$$i = 1, 2, 3, 4, \dots$$

modelo  
mat.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \Rightarrow u_x^4 = u_t^1$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u(x_0 + \Delta x) - u(x_0)}{\Delta x} + O(\Delta x)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1} - u_i}{\Delta x} + O(\Delta x)$$

$$u_t^1 = \frac{u^{n+1} - u^n}{\Delta t} + O(\Delta t)$$

$$f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + \cancel{\Delta x f'} + \frac{\Delta x^2}{2!} f'' + \dots$$

$$+ f(x_0 - \Delta x) = f(x_0) - \cancel{\Delta x f'} + \frac{\Delta x^2}{2!} f'' - \dots$$


---

$$f_{x_0 + \Delta x} + f_{x_0 - \Delta x} = 2 f_{x_0} + \cancel{2 \frac{\Delta x^2}{2!} f''} + \dots$$

$i+1$        $i-1$        $i$        $i$        $i$

$$f'' = \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{\Delta x^2} + \frac{1}{\cancel{\Delta x^2}} \left[ \frac{2\Delta x^4}{4!} f^{(4)} + \dots \right]$$

$$f'' = \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{\Delta x^2} + O(\Delta x^2)$$



↑ central difference  
 $O(\Delta x^2)$

$$u_x'' = \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta x^2} + O(\Delta x^2)$$

modelo  
mat.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \Rightarrow u_x^4 = u_t^1$$

$$u_x^4 = \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta x^2} + o(\Delta x^2)$$

$$u_t^1 = \frac{u^{n+1} - u^n}{\Delta t} + o(\Delta t)$$

$$\frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta x^2} \approx \frac{u^{n+1} - u^n}{\Delta t} + o(\Delta x^2, \Delta t)$$



# Condições de contorno

1 - carga hid. conhecida

$h = h_{\text{Rio}} \rightarrow$  condição  
do 1º tipo (Dirichlet)  
 $\rightarrow$  variável de interesse  
é conhecida

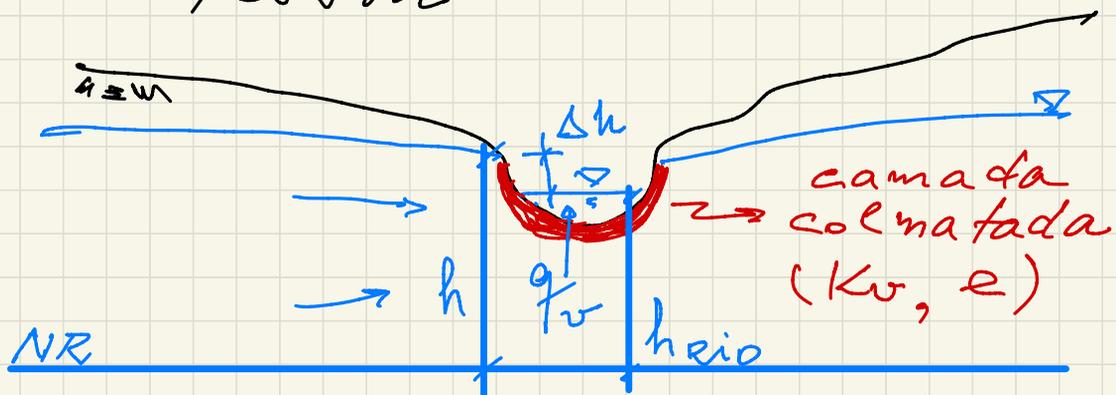
2 - derivada normal  
é conhecida

$\frac{\partial h}{\partial n} \rightarrow$  cond. de Neuman

$q_0 = -K \frac{\partial h}{\partial n} \Rightarrow$  fluxo atra-  
vés do contorno (fronteira)  
é conhecido

$q_0 = 0$  (fluxo nulo)

### 3 - Condição de Cauchy ou Robin



$$q_v = K_v \frac{\Delta h}{e} ; \Delta h = h - h_{rio}$$

$$q_v = \frac{K_v}{e} (h - h_{rio})$$

coef. de descarga  
(leakage coef.) =  $\alpha$

$$q_v = \alpha (h - h_{rio})$$

$$h = \frac{q_v}{\alpha} + h_{rio}$$

↳ Cond. 3: fixo

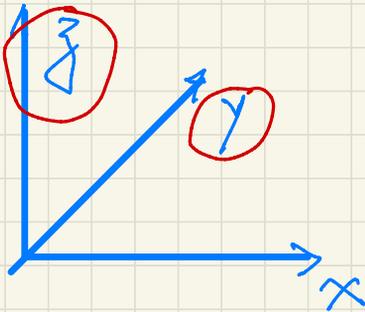
01/10

$$S_0 \frac{\partial h}{\partial t} = -\nabla \cdot (K \nabla h) + Q$$

$$0 = K \nabla^2 h$$

$$\nabla^2 h = 0 \quad (\text{Eq. Laplace})$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$



$$q_z = 0$$

$$q_y = 0$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = 0$$

$$F \rightarrow 0$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta^2 h}{\Delta x^2} = 0$$

$$h_{i-1} - 2h_i + h_{i+1} = 0 \quad \leftarrow$$

$$i=2 \quad h_1 - 2h_2 + h_3 = 0 \\ + 2h_2 = +h_1 + h_3$$

$$h_2 = \frac{h_1 + h_3}{2}$$

$$h_1 = 50 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{50 + h_3}{2}$$

$$h_i^v = \frac{h_{i-1}^{v-1} + h_{i+1}^{v-1}}{2}$$

Jacobi

Iteração  $v = 1$

$$h_3^v = \frac{h_2^{v-1} + h_4^{v-1}}{2}$$

$$h_i^v = \frac{h_{i-1}^{v-1} + h_{i+1}^{v-1}}{2}$$

Jacobi

$$h_i^v = \frac{h_{i-1}^v + h_{i+1}^{v-1}}{2} \leftarrow$$

Gauss-Seidel

SOR (Successive Over-relaxation)

\* no  $i$   $\Delta_i = h_i^v - h_i^{v-1}$

$$h_i^v = h_i^{v-1} + w \Delta_i$$

$w \rightarrow$  coef. de relaxação

$$h_i^v = h_i^{v-1} + w (h_i^v - h_i^{v-1})$$

$$h_i^v = \underline{h_i^{v-1}} + \underline{w} \left( h_i^v - \underline{h_i^{v-1}} \right)$$

$$h_i^v = h_i^{v-1} (1-w) + w \cdot h_i^v$$

Gauss-Seidel

$$h_i^v = \frac{h_{i-1}^v + h_{i+1}^{v-1}}{2} \leftarrow$$

$$h_i^v = (1-w) h_i^{v-1} + w \left( \frac{h_{i-1}^v + h_{i+1}^{v-1}}{2} \right)$$

SOR

$w > 1 \Rightarrow$  over relaxation

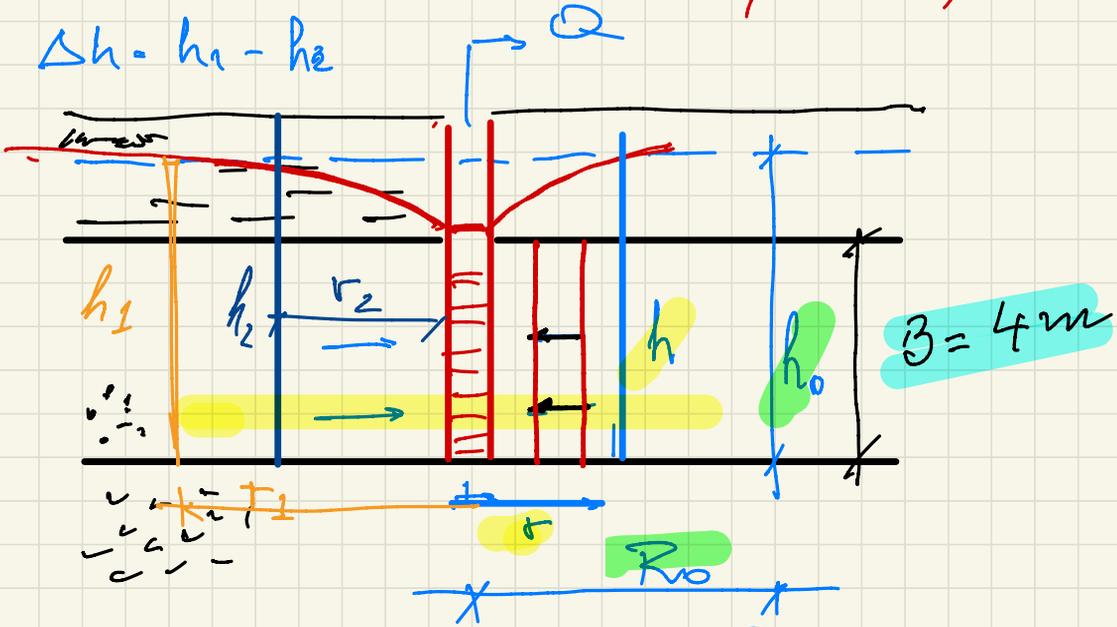
$w < 1 \Rightarrow$  under relaxation

$w = 1 =$  Gauss-Seidel

08/20/2020

# Equações de Thiem Aq. Conf.

$$\Delta h = h_1 - h_2$$



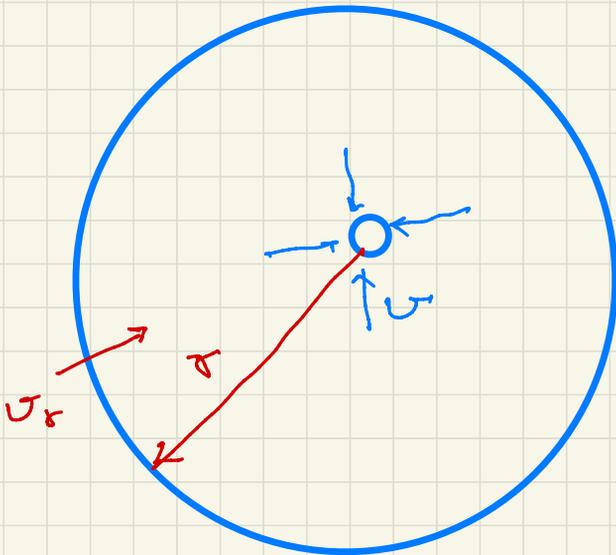
$$Q = v \cdot A$$

$$v_r = K \cdot \frac{\partial h}{\partial r}$$

$$A = 2\pi r \cdot B$$

$$Q = K \cdot \frac{\partial h}{\partial r} 2\pi r B$$

$$Q \frac{\partial r}{r} = K 2\pi B \partial h$$



$$Q \left( \frac{R_0}{r} = K \cdot 2\pi \cdot 3 \cdot h \right)$$

$$Q \left. \ln r \right|_r^R = 2\pi \cdot \overbrace{K \cdot 3}^T \cdot h \left. \right|_h^{h_0}$$

$$Q \left[ \ln R_0 - \ln r \right] = 2\pi T (h_0 - h)$$

$$Q \left[ \ln r - \ln R_0 \right] = 2\pi T (h - h_0)$$

$$Q \cdot \ln \frac{r}{R_0} = 2\pi T (h - h_0) \quad \Leftarrow$$

Eq. de Thiery

$$h - h_0 = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{r}{R_0}$$

$$h = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{r}{R_0} + h_0$$

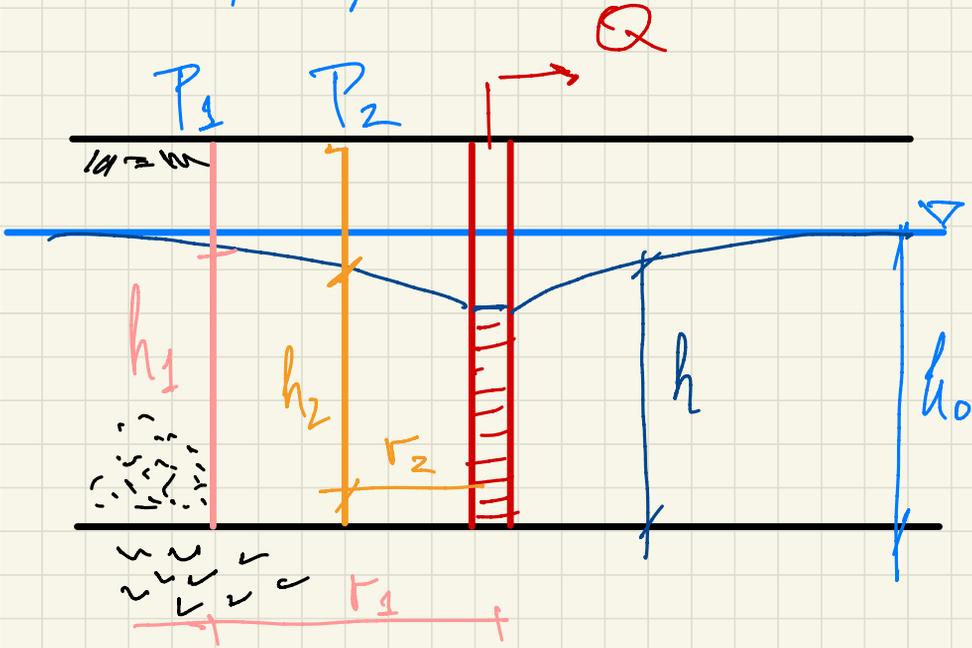
$$Q \ln \frac{r_1}{r_2} = 2\pi T (h_1 - h_2)$$

$$T = \frac{Q}{2\pi \Delta h} \ln \frac{r_1}{r_2} = K \cdot B$$

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

$$K = \frac{Q}{2\pi \Delta h \cdot B} \ln \frac{r_1}{r_2}$$

# Aquífero livre



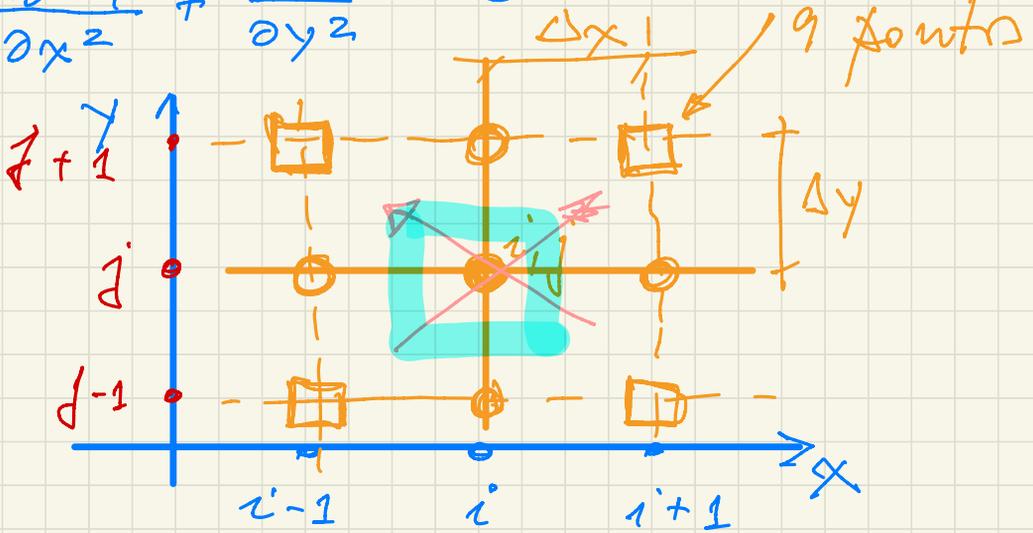
Desenvolver uma solução analítica para determinação da cond. hidráulica em regime permanente, usando os pontos de observação  $P_1$  e  $P_2$ .

$$Q = \frac{2\pi K (h^2 - h_0^2)}{2} \cdot \ln \frac{r_0}{r}$$

12/10/2020

$$\rightarrow \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

esquema



$$\ast \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \approx \frac{h_{i-1,j} - 2h_{i,j} + h_{i+1,j}}{\Delta x^2} + o(\Delta x^2)$$

$$\ast \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{h_{j-1,i} - 2h_{j,i} + h_{j+1,i}}{\Delta y^2} + o(\Delta y^2)$$

$$\frac{h_{i-1,j} - 2h_{i,j} + h_{i+1,j}}{\Delta x^2} + \frac{h_{j-1,i} - 2h_{j,i} + h_{j+1,i}}{\Delta y^2} = 0$$

$$\Delta x = \Delta y$$

$$h_{i-1,j} - 2h_{i,j} + h_{i+1,j} + h_{i,j-1} - 2h_{i,j} + h_{i,j+1} = 0$$

$$4h_{i,j} = h_{i-1,j} + h_{i+1,j} + h_{i,j-1} + h_{i,j+1}$$

$$h_{i,j} = \frac{h_{i-1,j} + h_{i+1,j} + h_{i,j-1} + h_{i,j+1}}{4}$$

esquema de 5 pontos

# Exercício 1

$$S_0 \frac{\partial h}{\partial t} = \tau \nabla (K \nabla h) + Q$$

$$0 = K \nabla^2 h + Q$$
$$0 = K \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} \right) + Q$$

bi dimensional  $h = f(x, y)$

$$\frac{\partial h}{\partial z} = 0$$

aq. confinada  $\rightarrow$  esp. constante (B)

$$0 = \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) \cdot K \Big|_0^B + Q$$

$$0 = \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) \cdot \underbrace{K \cdot B}_T + Q$$

$$\underbrace{\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2}}_{\text{сумма 5 точек}} = \underbrace{-\frac{Q}{T}}_{\text{точка}} \cdot \delta_{ij}$$

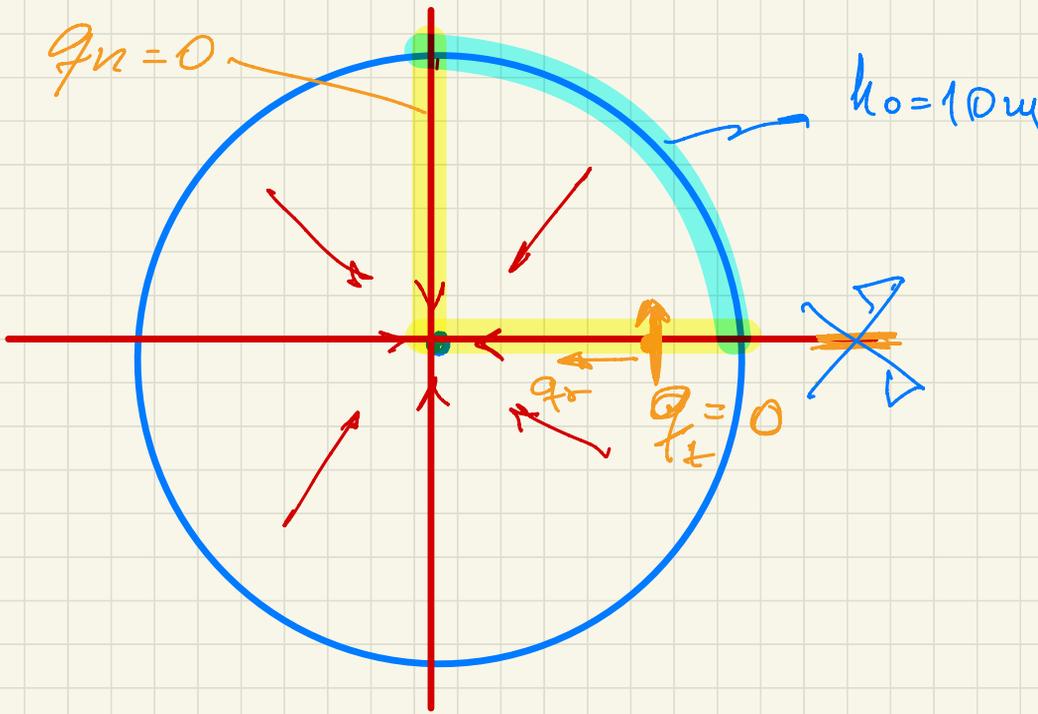
$$h_{ij} = \frac{h_{i-1,j} + h_{i+1,j} + h_{i,j-1} + h_{i,j+1}}{4}$$

$$h_{ij} = \frac{h_{i-1,j} + h_{i+1,j} + h_{i,j-1} + h_{i,j+1}}{4} - \frac{Q}{T}$$

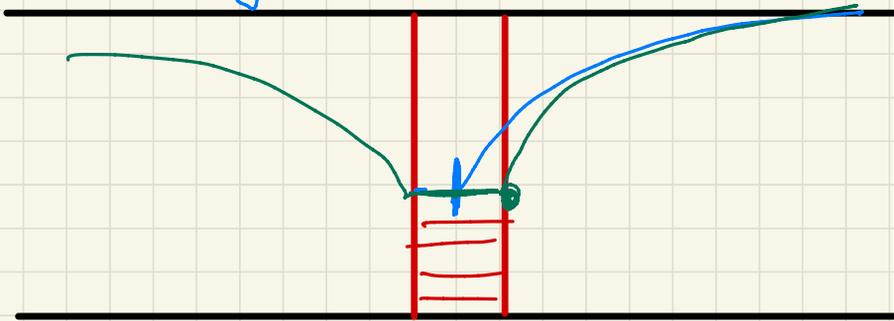
$\downarrow$   
 $m$

$\uparrow$   
 $\text{точка}$

$$\frac{m^3/s}{m/s \cdot m}$$



Singularidade ( $t \rightarrow 0$ )



$\ln \frac{r}{r_0}$

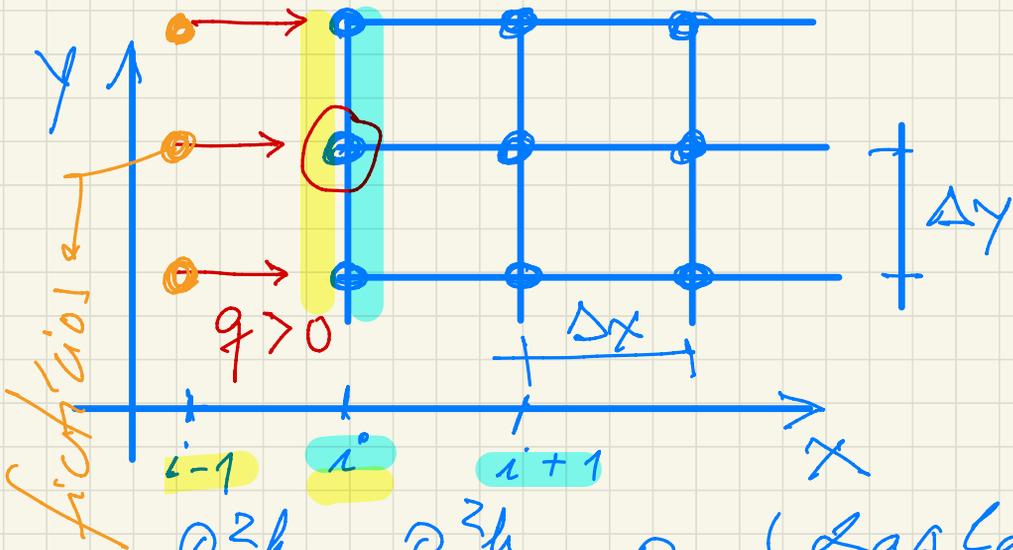
$\rightarrow \ln \frac{r_w}{R_0}$

$r \rightarrow 0$   
 $\frac{1}{D}$   
 $\rightarrow r_w \Rightarrow$

raio do poço

15/10/2020

Implementação da  
condição do 2º tipo  
(fluxo conhecido)



fictícios

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \quad (\text{Laplace})$$

esquema 5 pontos (interior)

Lei de Darcy

$$q_x = -K_x \frac{\partial h}{\partial x} \leftarrow$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{\Delta h}{\Delta x}$$

forward difference

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{h_{i+1} - h_i}{\Delta x}$$

$$f_x = -\frac{Kx}{\Delta x} (h_{i+1} - h_i)$$

$$h_i = \frac{f_x \cdot \Delta x}{Kx} + h_{i+1}$$

backward difference

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{h_i - h_{i-1}}{\Delta x}$$

$$f_x = -\frac{Kx}{\Delta x} (h_i - h_{i-1})$$

$$h_{i-1} = \frac{f_x \cdot \Delta x}{Kx} + h_i$$

$$h_i = \frac{h_{i+1} + h_{i-1}}{2}$$

$$2h_i = h_{i+1} + h_{i-1}$$

$$2h_i = h_{i+1} + \frac{q_x \cdot \Delta x}{Kx} + h_i$$

$$h_i = h_{i+1} + \frac{q_x \cdot \Delta x}{Kx}$$

cond. fluxo zero ( $q_x = 0$ )

$$h_i = h_{i+1}$$

central difference

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{h_{i+1} - h_{i-1}}{2\Delta x} + O(\Delta x^2)$$

$$q_x = \frac{-Kx}{2\Delta x} (h_{i+1} - h_{i-1})$$

$$h_{i-1} = \frac{2q_x \Delta x}{Kx} + h_{i+1}$$

$$q_x = 0 \quad h_{i-1} = h_{i+1}$$

# Aproximação temporal

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta x^2} = \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} + O(\Delta t)$$

explícito

$$\frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{\Delta x^2} = \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} + O(\Delta t)$$

implícito

$$\frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2} = \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} + O(\Delta t)$$

combinação

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \ominus \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{\Delta x^2} + \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2}$$

$(1 - \ominus)$

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \ominus \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{\Delta x^2} + (1-\ominus) \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2}$$

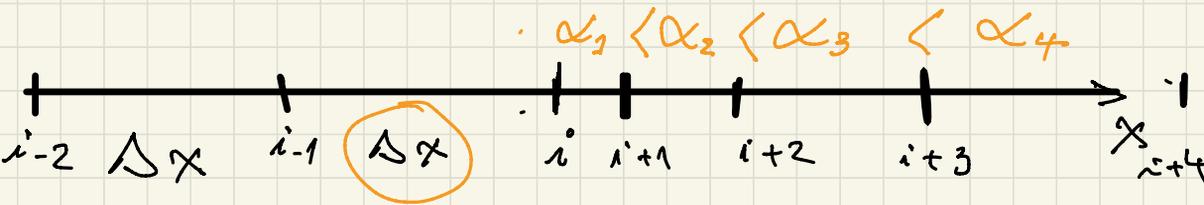
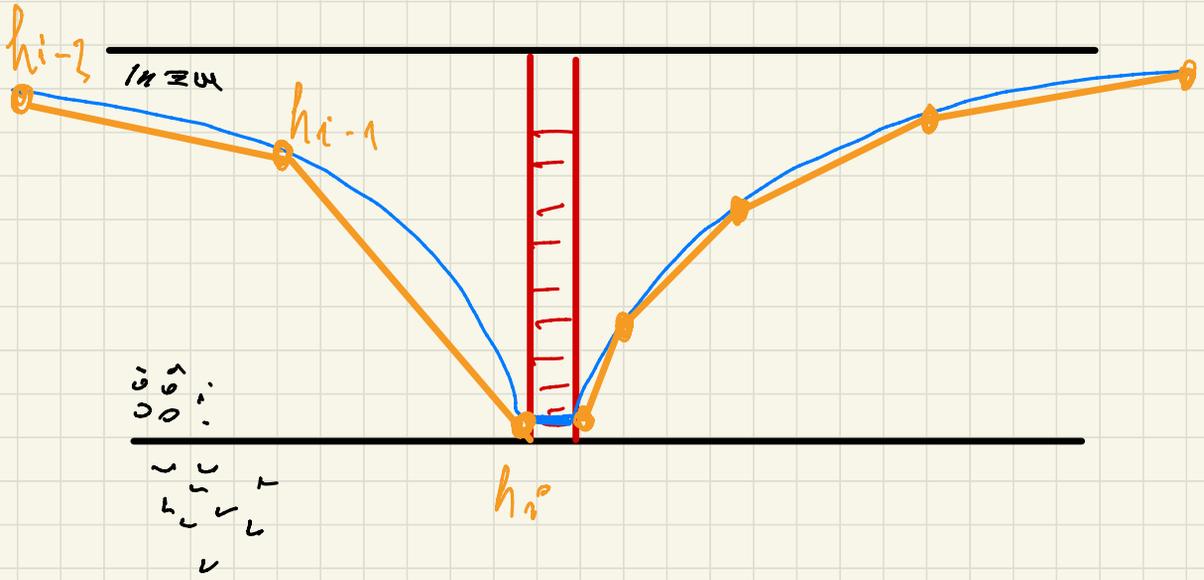
$$\ominus = 1 \rightarrow \text{explícito} \quad O(\Delta t)$$

$$\ominus = 0 \rightarrow \text{implícito} \quad O(\Delta t)$$

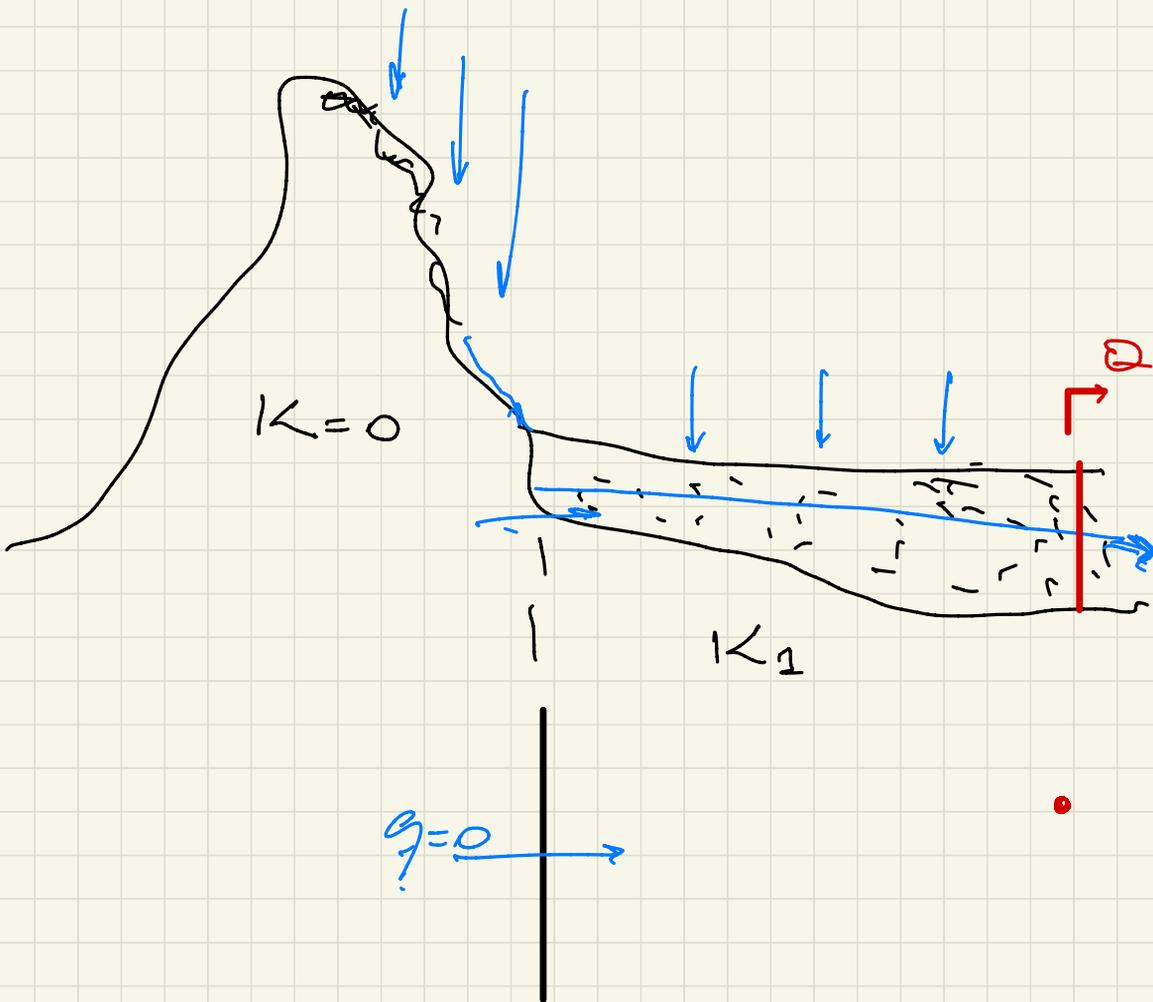
$$\ominus = 1/2 \rightarrow \text{Crank - Nicholson} \quad O(\Delta t^2)$$

$$\ominus = 1/3$$

22/10/2020



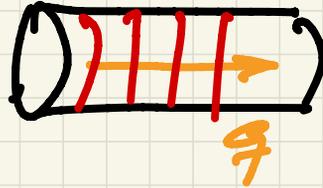
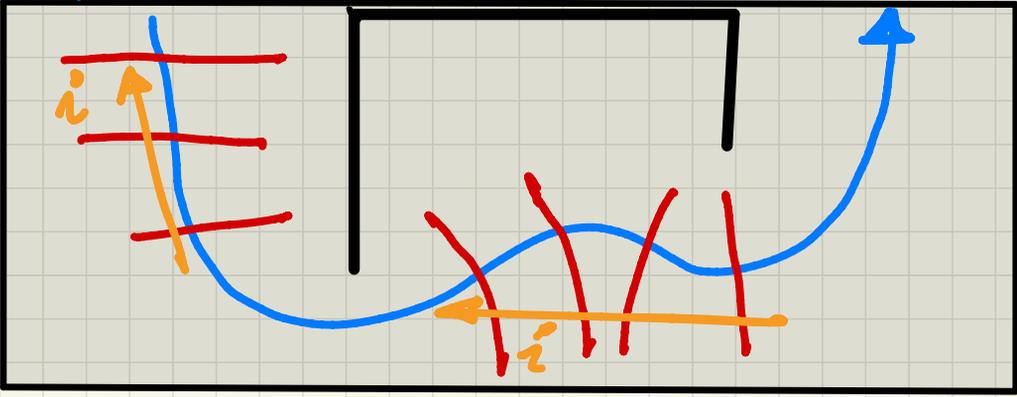




02/11/2020

$h = 69\text{m}$

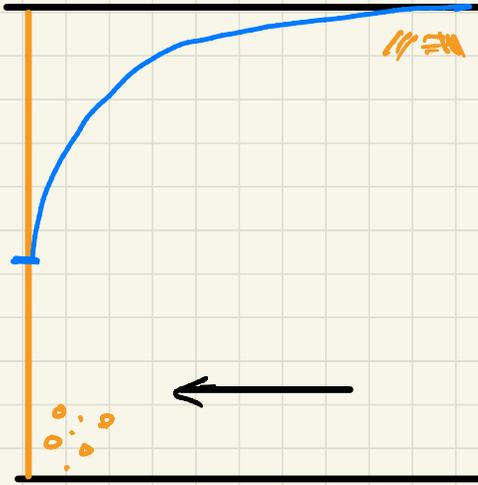
$h = 41\text{m}$



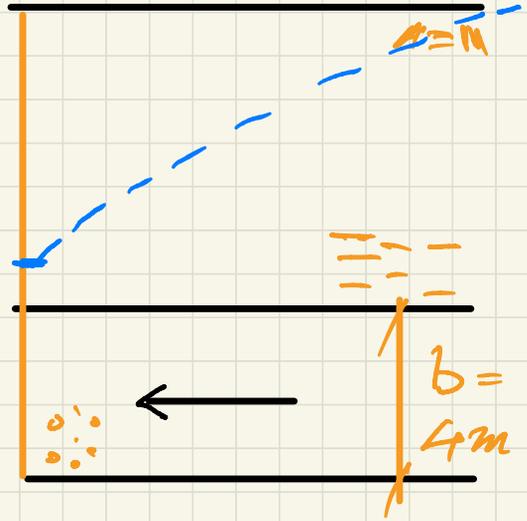
# Exercício 3

12/11/2020

livre



confinado



$$S \frac{\partial h}{\partial t} = T \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) + Q$$

$$h = f(t)$$

$$S = S_0 \cdot b$$

livre

$$S = S_y = n$$

$$S_L = 0,2$$

confinado

$$S_0 = f(\alpha, \beta)$$

$$S_0 \approx 0,00005$$

$$S_c = 0,0002$$

$$\frac{S_L}{S_c} \approx 10^3$$

## Exercício 5

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{Q}{T} = \frac{R}{T}$$

$$h = \frac{h_{i-1,j} + h_{i+1,j} + \dots}{4} + \frac{R}{T} \cdot f(x)$$

$$R = \text{mm/a}$$

$$T = \text{m}^2/\text{s} = \text{K} \cdot b$$

# EXERCÍCIO 5

## CONTROLE DE NÍVEL DE LENÇOL

Com um nível médio de escoamento de 10,0 m sobre o nível do mar, o Rio Reno atua como efluente da formação sedimentar adjacente aos canais do porto de Duisburg. Em condições normais, a carga hidráulica no aquífero varia quase linearmente do rio até o canal do porto, atingindo o nível de 10,95m.

Os parâmetros do aquífero homogêneo e isotrópico são:

- condutividade hidráulica  $K=5 \cdot 10^{-3}$  m/s
- coeficiente de armazenamento  $S=0,20$
- recarga natural  $R=100$  mm/a

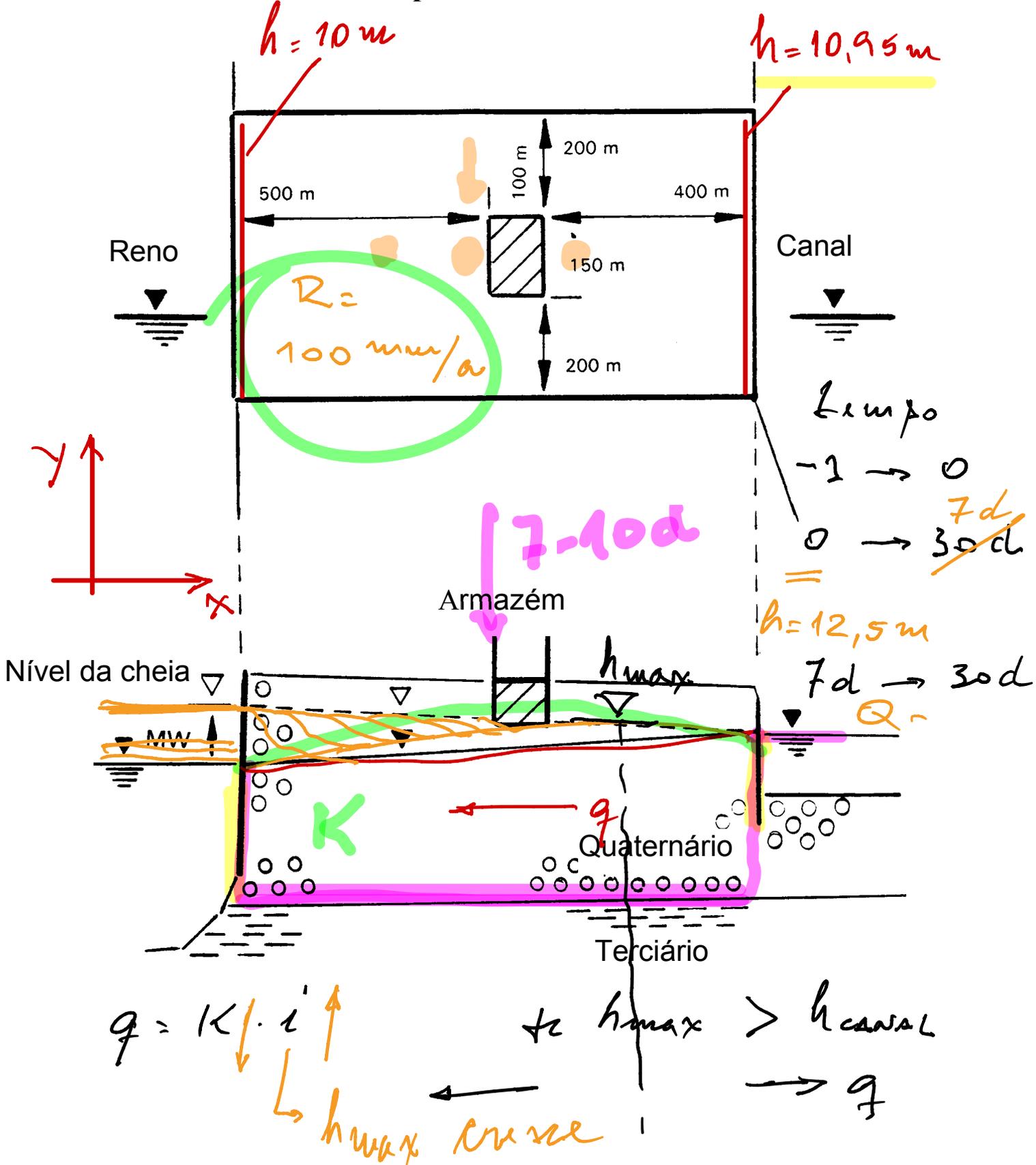
Em caso de ocorrência de uma cheia, a base de um armazém industrial na região portuária deve ser mantida seca (acima do nível do lençol), através de um sistema de rebaixamento do lençol freático. A base do armazém encontra-se a uma altura de 11,5 m.

1. Utilizando o programa WINASM, construa uma malha de diferenças finitas para o problema proposto, de acordo com o anexo 1. Especifique os parâmetros físicos e as condições de contorno.
2. Assumindo a chegada espontânea de uma onda de cheia no rio com 12,5 m, determine após quanto tempo a superfície do lençol freático atinge o nível do armazém. Utilize a opção HEADxTIME do programa para identificar o instante.
3. Com a ajuda do modelo construído, projete um sistema de rebaixamento do lençol freático para evitar que o armazém seja atingido durante a passagem da onda de cheia. Otimize a disposição de no máximo 3 bombas (poços), de tal forma que a vazão bombeada e o tempo de operação sejam os menores possíveis.

SHS-5896 MODELOS E MÉTODOS EM RECURSOS HÍDRICOS

Anexo 1: Situação hidrogeológica

Planta e perfil da área de estudo



19/11/2020

$h = 60\text{m}$  

$z = 40\text{m}$    
~~NR~~

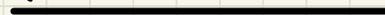
CONFINADO



$h = 35\text{m}$



LIVRE

$z = 20\text{m}$    


  NR

# EXERCÍCIO 6

## USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

Considere a situação hidrogeológica apresentada na figura em anexo, caracterizada pelos seguintes elementos hidráulicos:

- curso d'água VA na fronteira Norte (N) da área de estudo;
- divisor de águas estável na fronteira Sul (S);
- fluxo conhecido na fronteira Leste (E);
- linha equi-potencial estável na fronteira Oeste (W).

Os parâmetros físicos do aquífero livre são:

- condutividade hidráulica  $K=3,5 \cdot 10^{-3}$  m/s
- porosidade efetiva  $n=0,15$
- base do aquífero  $b=14,0$  müNN
- recarga natural  $R=300$  mm/a

Na região compreendida entre o curso d'água (VA) e o divisor de águas ao Sul, deve ser construído um poço de captação de água subterrânea (FB) a uma distância de 300m do limite a Oeste. Determine a posição do poço (distância do afluente, direção y), de forma a atender às seguintes imposições:

1. Balanço Hídrico: a vazão bombeada deve corresponder a ~50% do fluxo subterrâneo total através da fronteira Leste.
2. Ecologia: de forma a manter a vazão ecológica no afluente, a captação de água pode provocar a infiltração de água superficial no leito do curso d'água de no máximo 50% da vazão bombeada total.
3. Qualidade da água: devido à contaminação da água superficial por poluentes, a água infiltrada no leito do curso d'água não deve atingir o poço produtor.

**SHS-5896 MODELOS E MÉTODOS EM RECURSOS HÍDRICOS**

Recomenda-se para o desenvolvimento do modelo, utilizando o programa WINASM, o seguinte procedimento:

1. Construa a malha de diferenças finitas para o domínio (1000 m x 550 m) especificado na figura anexa e defina os parâmetros físicos e condições de contorno. Adote as cargas hidráulicas de 30,0 m e 28,0 m para as fronteiras E e W, respectivamente. Para o curso d'água adote uma variação linear da carga hidráulica.
2. Estime, sem considerar a presença do poço e a taxa de recarga, o fluxo de água subterrânea através da fronteira E. Determine, com a opção WATER BUDGET, a vazão permitida no poço. (Controle através da Lei de Darcy)
3. Escolha a uma distância de 300m da fronteira oeste (W), a posição do poço na direção N-S. Considere a taxa de recarga sobre a superfície e a vazão do poço estimada na etapa 2. Corrija também a condição de contorno na fronteira E (2º. tipo), especificando o fluxo de água subterrânea aumentado em 30%.

Determine para o aflente VA, as zonas influentes e efluentes e suas respectivas vazões (opção WATER BUDGET).

4. Considerando que a operação do poço pode provocar colmatção do leito (condição do 3º. tipo) na zona influente, especifique para as respectivas células um coeficiente de Leakage ( $L=0,00003$ , leito do rio a 26,00m). Verifique a vazão infiltrada com a opção WATER BUDGET.

Verifique a posição da zona de captação através da opção PATHLINE.

5. Otimize a posição do poço na direção N-S, de acordo com os resultados obtidos na etapa 4.

Após a otimização da posição, determine a Zona de Proteção do poço especificando a linha de 50 dias de fluxo (opção ISOCHRONES).

