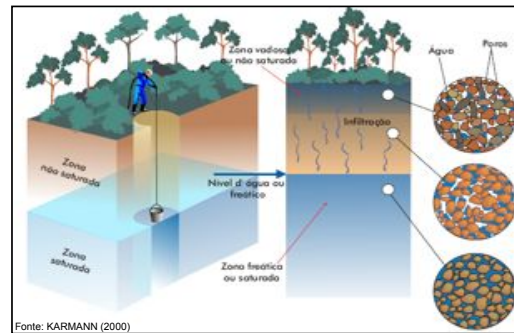


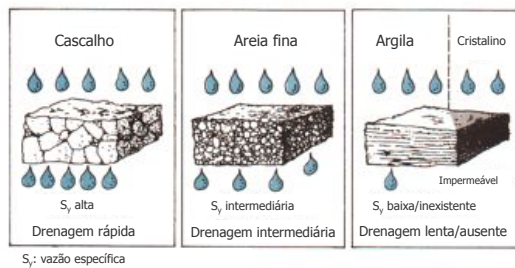
Porosidade e Armazenamento

Prof. Ingo Wahnfried

Porosidade e a Água em Subsuperfície



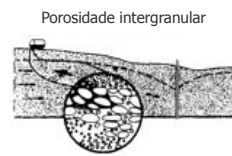
Capacidade de Armazenar e Transmitir Água



Fonte: RAYMOND Jr. (1988)

Tipos de Porosidades

Porosidade primária

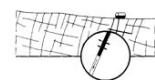


Porosidade secundária

Dutos de dissolução (carste)



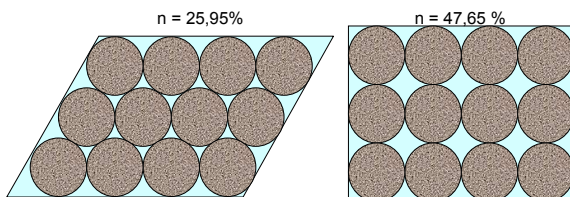
Fraturas



Fonte: SPITZ & MORENO (1996)

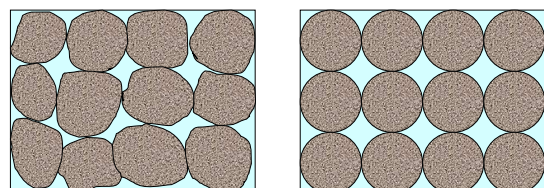
Variações da Porosidade

- empacotamento
- esfericidade
- seleção
- cimentação



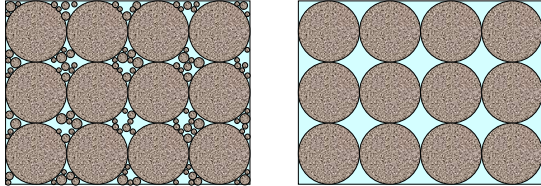
Variações da Porosidade

- empacotamento
- esfericidade
- seleção
- cimentação



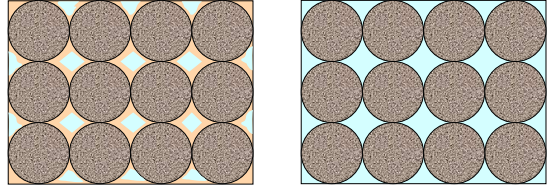
Variações da Porosidade

- empacotamento
- esfericidade
- **seleção**
- cimentação



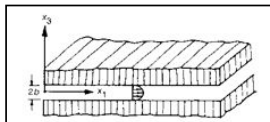
Variações da Porosidade

- empacotamento
- esfericidade
- seleção
- **cimentação**

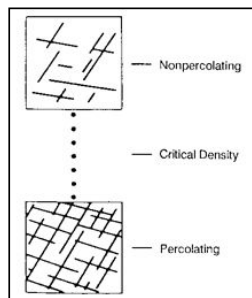


Variações da Porosidade das Fraturas ou Condutos

- abertura
- densidade
- conectividade

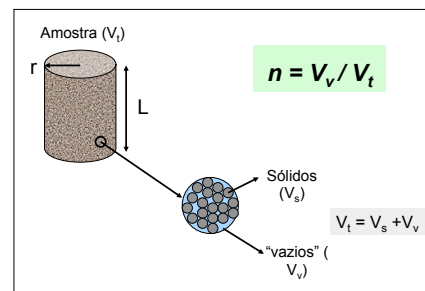


Fonte: NRC (1990)



Fonte: NRC (1990)

Porosidade Total ou Volumétrica (n)

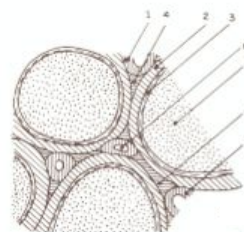


Porosidade Total ou Volumétrica (n)

Material	n (%)	Material	n (%)
Sedimentos inconsolidados		Rochas sedimentares	
Cascalho grosso	24-36	Arenito	5-30
Cascalho fino	25-38	Siltito	21-41
Areia grossa	31-46	Calcário/Dolomito	0-40
Areia fina	26-53	Calcário cárstico	5-50
Silte	34-61	Folhelho	0-10
Argila	34-60	Basalto fraturado	5-50
		Cristalino fraturado	0-10
		Cristalino	0-5

Fonte: Baseado em DAVIS (1969) e JOHNSON & MORRIS (1962) in DOMENICO & SCHWARTZ (1998)

Porosidade efetiva para fluxo (nef)



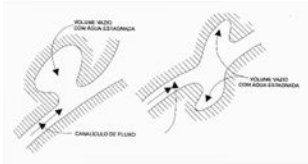
- 1 - Água funicular (móvel)
- 2 - Película de umidade molecular
- 3 - Água higroscópica (adsorvida)
- 4 - Água pendular (angular)
- 5 - Partícula de solo
- 6 - Bolha de ar

Apud I. I. Piyunin, Reclamative Soil Science Foreign Languages Publishing House Moscow, 1968

Fonte: FRANCISS (1980)

Porosidade efetiva para fluxo (n_{ef})

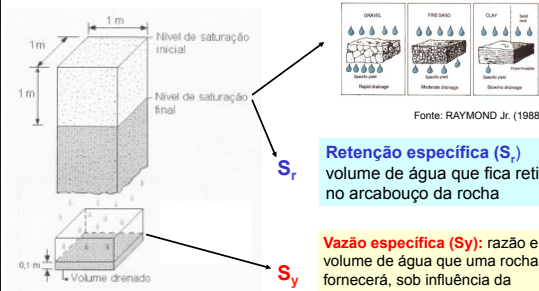
Porosidade efetiva para fluxo (n_{ef}): relação entre o volume total de espaços vazios **interconectados** e por onde um fluido possa transitar e o volume total da rocha ou sedimento.



$$n_{ef} = V_{interc.} / V_t$$

Fonte: FEITOSA e MANOEL FILHO(2000)

Aquífero Livre: Vazão Específica (S_y) e Retenção Específica (S_r)



Fonte: RAYMOND Jr. (1988)

Retenção específica (S_r)
volume de água que fica retida no arcabouço da rocha

Vazão específica (S_y): razão entre o volume de água que uma rocha fornecerá, sob influência da gravidade, e o volume total da rocha ou sedimento (**Specific Yield**).

Fonte: DRISCOL (1989) in FEITOSA e MANOEL FILHO(2000)

Porosidade efetiva para fluxo (n_{ef}) versus Vazão Específica (S_y)

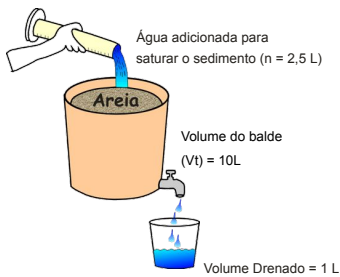


zonas mortas ou água imóvel

Fonte: CLEARY (1989)

Aquela figura representava a zona não saturada ou a zona saturada?

EXERCÍCIO

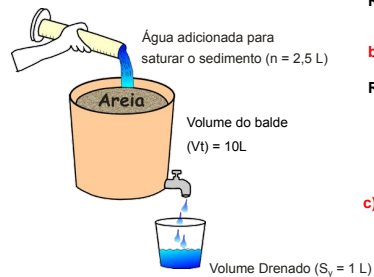


a) Porosidade total (n)?

b) Vazão específica (S_y)?

c) Retenção específica (S_r)?

EXERCÍCIO



a) Porosidade total (n)?

$$R: n = 2,5/10 = 0,25$$

b) Vazão específica (S_y)?

$$R: S_y = \frac{\text{volume drenado}}{\text{volume total}}$$

$$S_y = 1/10 = 0,10$$

c) Retenção específica (S_r)?

$$n = S_y + S_r$$

$$S_r = 0,25 - 0,10 = 0,15$$

Coeficiente de Armazenamento (S)

O **coeficiente de armazenamento** de um aquífero indica a relação entre as mudanças de quantidade de água armazenada nele (BEAR, 1972)

- drenagem da água pela gravidade
- compressibilidade da água
- compressão da matriz porosa
- compressão dos grãos da rocha (desprezível)

Vazão Específica (S_y)

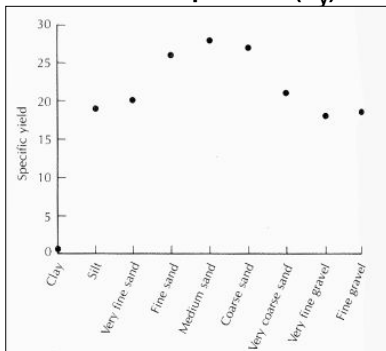
Valores típicos ~0,03 a 0,40

Material	Porosidade total (%)*	Vazão específica (%)**
Cascalho grosso	24-36	12-26
Cascalho fino	25-38	21-35
Areia grossa	31-46	20-35
Areia fina	26-53	10-28
Silte	34-61	3-19
Argila	34-60	0-5

*Fonte: baseado em DAVIS (1969) e JOHNSON & MORRIS (1962) in DOMENICO & SCHWARTZ (1998)

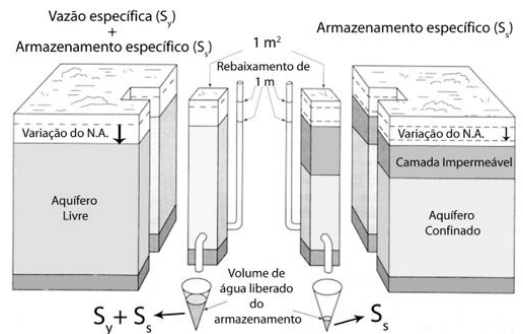
**Fonte: JOHNSON (1967) in FETTER (2001)

Vazão Específica (S_y)



Fonte: COHEN (1975) in FETTER (2001)

Aquífero Livre X Aquífero Confinado



Domenico e Schwartz, (1998)

Coeficiente de Armazenamento em Aquíferos Livres

$$S = S_y + S_s \cdot b$$

S_y : vazão específica (L^3/L^3)

b : espessura saturada (L)

S_s : coef. amaz. Específico (1/L)

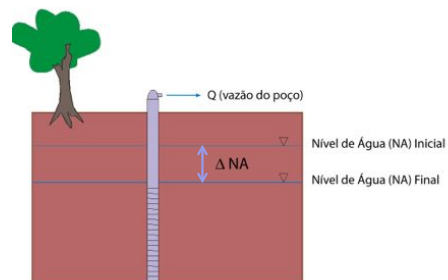
$$S_s = 0,005 \text{ a } 0,00005$$

$$S_y = 0,03 \text{ a } 0,4$$

$$S_y \gg S_s$$

Assim, em aquíferos livres $S = S_y$

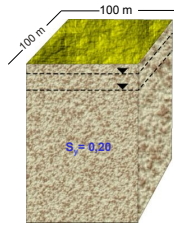
Armazenamento da Água em Aquíferos Livres



$$\text{Volume drenado} = S_y \times \Delta NA$$

EXERCÍCIO

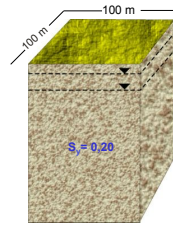
Calcule o volume de água drenado de um aquífero livre com uma vazão específica (S_y) de 0,20, com área de 100 m x 100 m, que sofreu um rebaixamento de 10 m.



Volume drenado?

EXERCÍCIO

Calcule o volume de água drenado de um aquífero livre com uma vazão específica (S_y) de 0,20, com área de 100 m x 100 m, que sofreu um rebaixamento de 10 m.



$\text{Volume drenado} = S_y \times \Delta NA$

$\text{Volume drenado} = 0,20 \times 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 2 \times 10^4 \text{ m}^3$