

INSTITUTO FEDERAL

Sertão Pernambucano

Campus Petrolina Zona Rural

Aula 1 – Conceitos e história da hidráulica; Plano da disciplina.

Prof. José Sebastião Costa de Sousa

Dr. Engenharia Agrícola UFCG

CPZR/IFSertãoPE

Nota: Todas as aulas estarão disponíveis no site:

<https://hidraulicazr.com/>

Avaliações



Serão:

- 3 Provas escritas
- 1 Apresentação em vídeo.
- 2 Seminários.
- 1 Relatório de visita téc.
- 1 Projeto.
- 1 Prova Final.

Avaliações

1ª Nota

- ✓ 1ª Prova escrita, peso = 8,0

Data: _____

- ✓ Trabalhos, peso = 2,0

Data: até **véspera da prova**

2ª Nota

- ✓ 2ª Prova escrita, peso = 6,0

Data: _____

- ✓ 3ª Prova escrita, peso = 2,0

Data: _____

- ✓ Trabalhos, peso = 2,0

Data: até **véspera da prova**

- ✓ Prova Final, peso = 10,0 (todo o conteúdo).

Data: _____

Regas para as provas escritas:

*Serão com consulta: livros, notebooks etc.
exceto celulares.*

*Só poderá usar o material que trouxeres! **Não será permitido sequer o empréstimo de borracha, lápis etc.***

*Segunda chamada apenas com **justificativa, no SUAP; ver normas de abono de faltas.***

Correção em tempo hábil – as notas serão divulgadas no SUAP.

Conceitos

“O significado etimológico da palavra Hidráulica é “**condução de água**” (do grego hydor, água e aulos, tubo, condução)”.

Hidráulica

Similar a Mecânica dos Fluidos

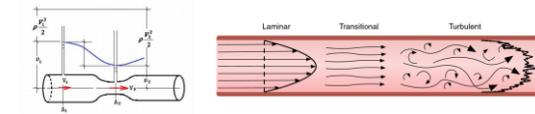
Geral ou Teórica

Aplicada

Hidrostática



Hidrodinâmica



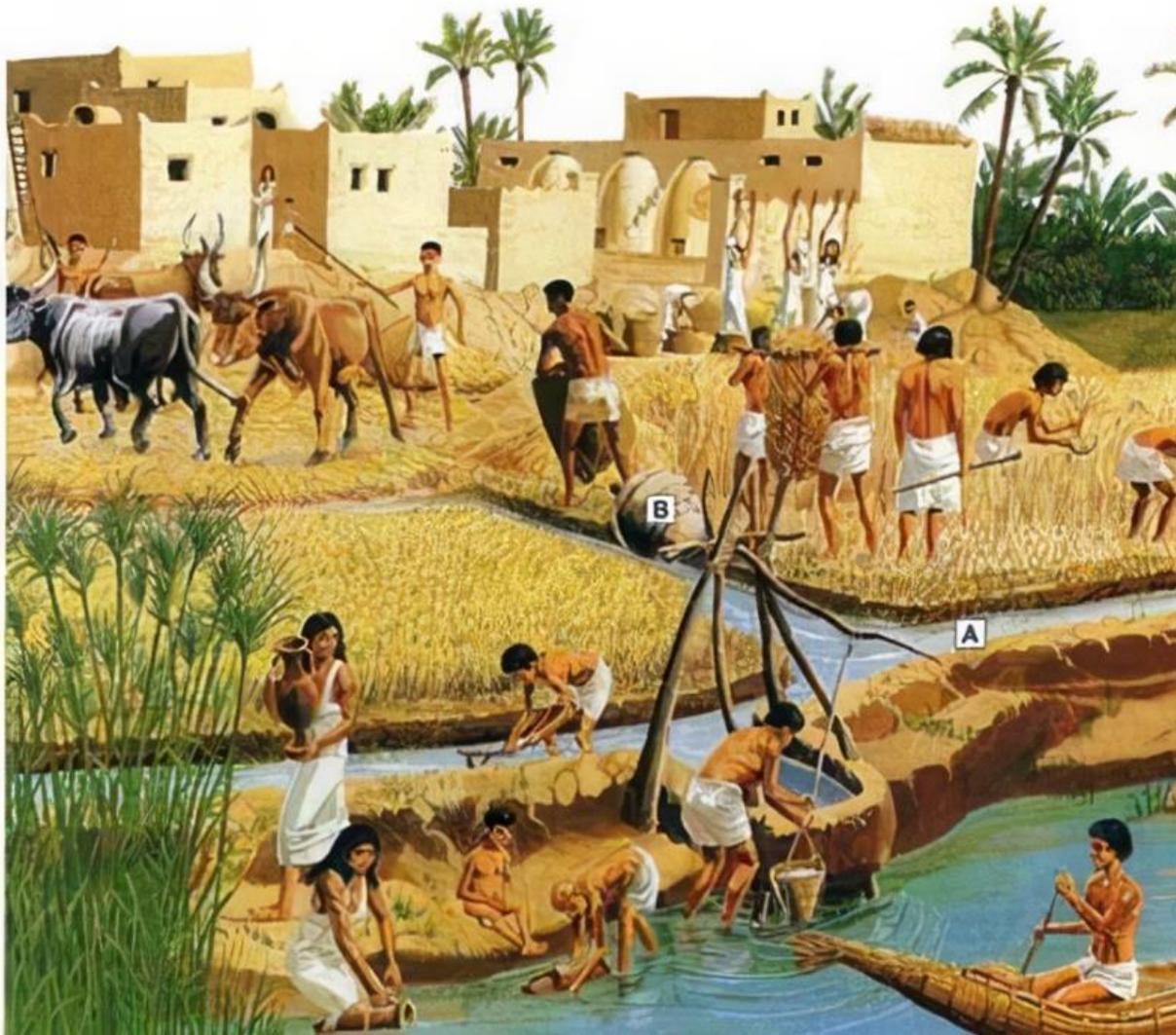
Hidrotécnica



Atualmente este conceito abrange o estudo do **comportamento dos fluidos**, quer em repouso ou em movimento.

Fonte geral do slide: Azevedo Netto et al. (2015).

História da hidráulica



História em foco: Explorando o Egito Antigo (emfocohistoria.blogspot.com)



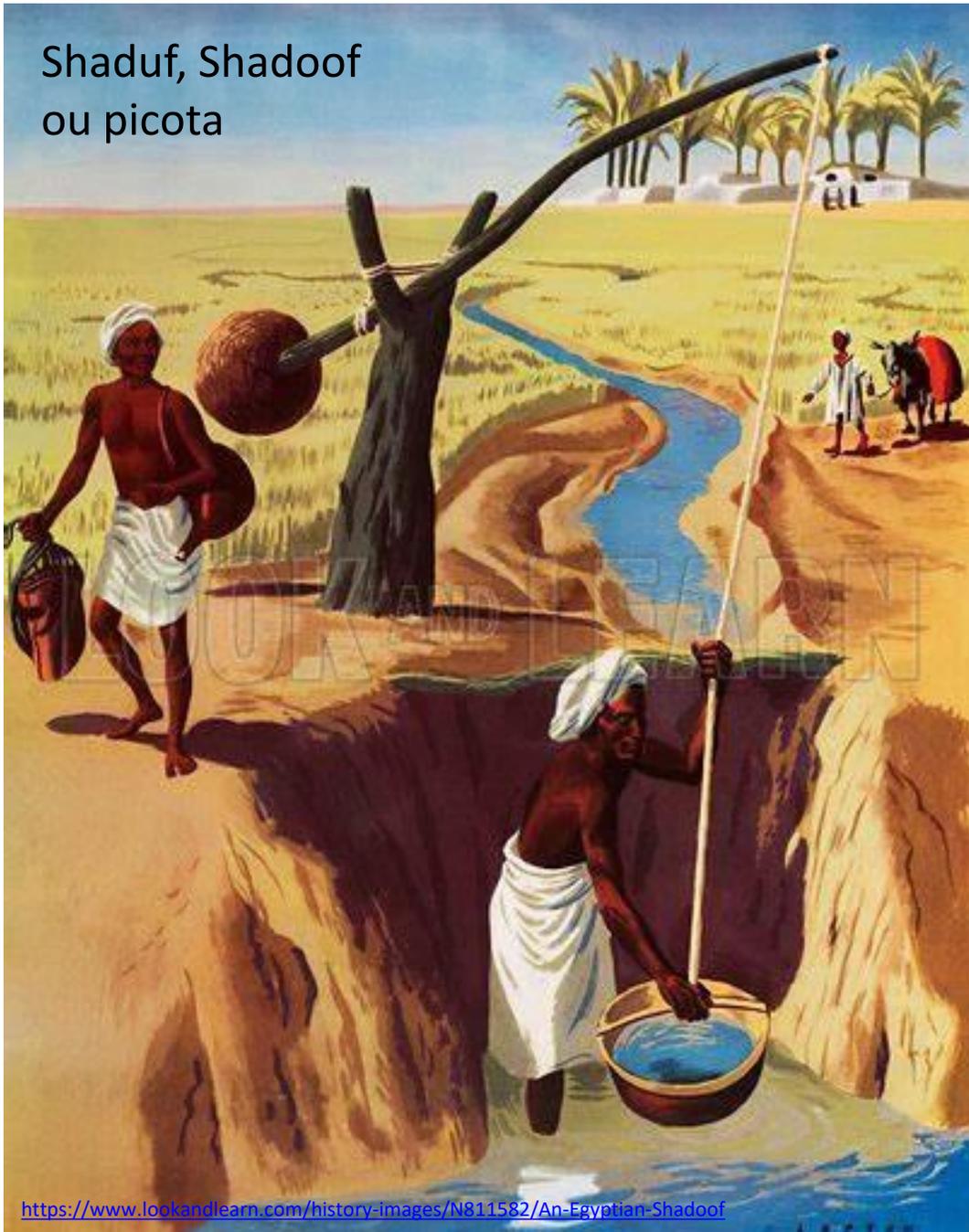
Shaduf ou picota

[HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA SALUD PUBLICA timeline | Timetoast](#)



Eletropneumática e Eletro-hidráulica: Aula 01 - Histórico da Hidráulica (eletropneumaticaeleetrohidraulica.blogspot.com)

Shaduf, Shadoof
ou picota



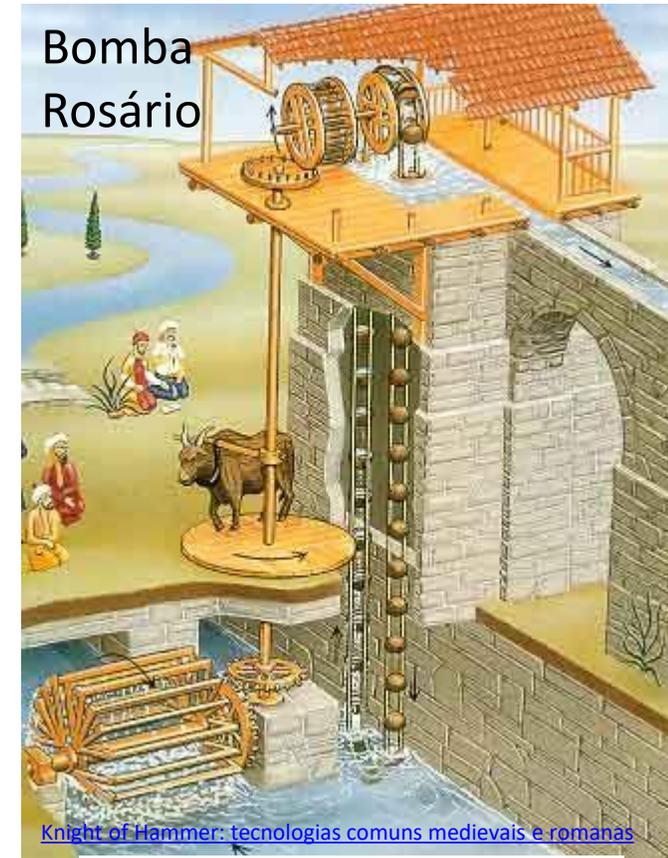
<https://www.lookandlearn.com/history-images/N811582/An-Egyptian-Shadoof>

Parafuso de
Arquimedes
250 a.C.



[Parafuso de Arquimedes - De olho na Engenharia](#)

Bomba
Rosário



[Knight of Hammer: tecnologias comuns medievais e romanas](#)



Aqueduto de Segóvia (Espanha) – 15 km extensão
Século I-II d.C.

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4123148/mod_resource/content/0/Aula%202022-2020Evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%20Hidr%C3%A1ulica.pdf



www.bible.ca

Pedras do aqueduto de Hebron
construído pelo rei Salomão (950 a.C.)

Marcos e personalidades históricas da hidráulica

3.750 a.C.

Canais de irrigação
na Mesopotâmia



2.500 a.C.

Lago artificial no Egito
para regularização do Nilo



691 a.C.

Aquedutos na Assíria, para
abastecimento público



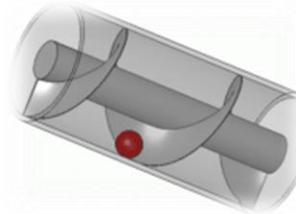
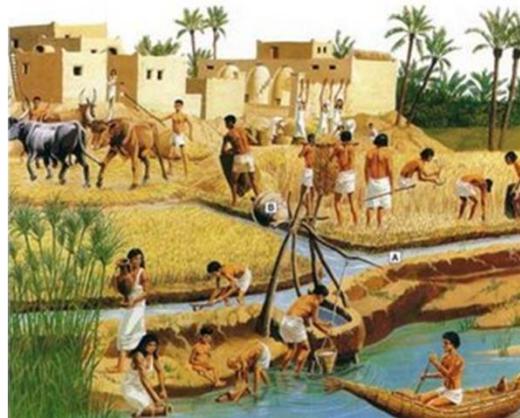
250 a.C.

“Tratado Sobre Corpos
Flutuantes” de ARQUIMEDES



200 a.C.

Bomba de pistão, criação
de Ctesibius e Hero



Simão Stevin
(1548 - 1620)

Evangelista Torricelli
(1608 – 1647)

Blaise Pascal
(1623-1662)

Daniel Bernoulli
(1700 - 1783)

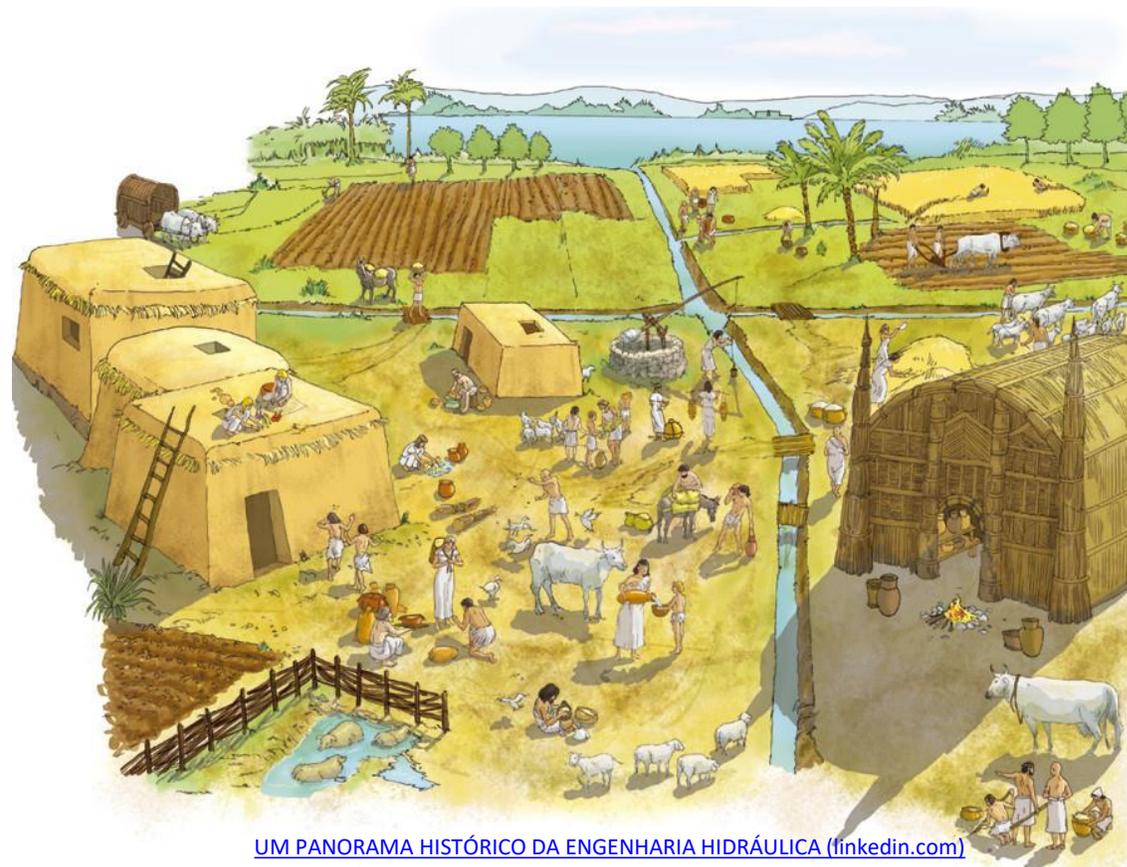
Giovanni B. Venturi
(1746 - 1822)

William Froude
(1810 - 1879)

Osborne Reynolds
(1842 – 1912)

Atividade (0,5 ponto): Elaborar apresentação em Power Point (ou similar) e gravar vídeo sobre a história da hidráulica.

Prazo: Até _____ . Grupos ≤ 5 pessoas.



[UM PANORAMA HISTÓRICO DA ENGENHARIA HIDRÁULICA \(linkedin.com\)](https://www.linkedin.com)

Será avaliado:

- Quantidade de informação.
- Qualidade dos slides.
- Qualidade do vídeo.
- Dinamismo da apresentação.
- Fontes de consulta.
- Tempo 10 a 15 minutos.

Spoiler das aulas

Alfabeto grego

Letras maiúsculas	Letras minúsculas	Nome
A	α	alfa
B	β	beta
Γ	γ	gama
Δ	δ	delta
E	ϵ	epsilo
Z	ζ	dzeta
H	η	eta
Θ	θ	teta
I	ι	iota
K	κ	capa
Λ	λ	lambda
M	μ	mi
N	ν	ni
Ξ	ξ	csi
O	\omicron	ômicron
Π	π	pi
P	ρ	rô
Σ	σ	sigma
T	τ	tau
Υ	υ	ipsilone
Φ	ϕ	fi
X	χ	xi
Ψ	ψ	psi
Ω	ω	ômega

Aula 2 - Grandezas e unidades de medida

Quem é maior 1 ou 10?

Um número “sozinho”* não tem sentido físico.

*adimensional

E se fosse entre 1 km e 10 m?

Sistema de unidades SI – Sist. Inter. Unid. Outros (CGS, MKS* e FLS)

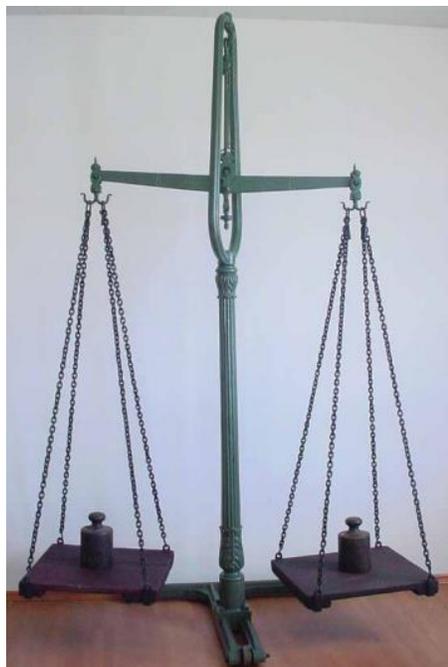
Quem está mais rápido uma pessoa que trafega a:
A – 50 m/s, ou
B – 120 km/h?

Cabe mais água em:
A – balde de 5 L úteis, ou
B – mesa de 5,0 x 2,5 m, ou
C – vidro a 25 °C?

Não se deve misturar as grandezas.

**Como era
antigamente**

A falta de padrões
“universais” geravam
problemas nas
medições.



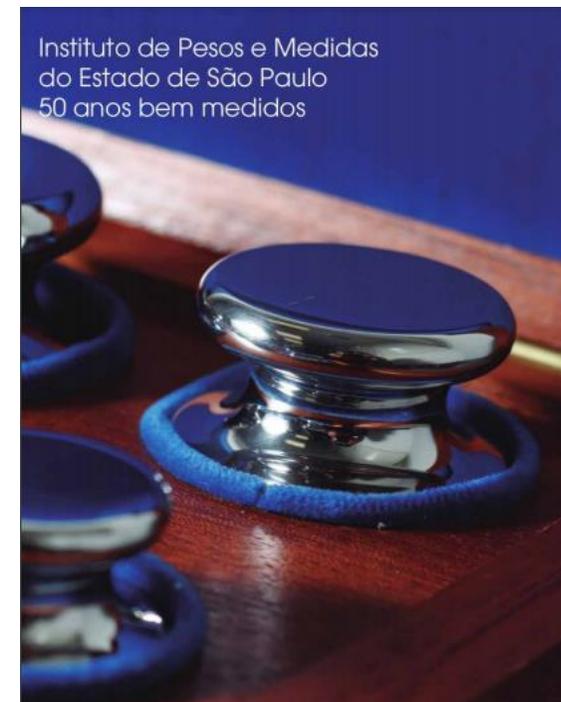
Conjunto de **padrões de massa** de precisão em estojo de madeira, **com 21 pesos nos valores nominais de 1 kg a 5 mg**, construídos em latão niquelado e utilizados para calibração. Possui uma pinça em aço e um pegador em madeira. Peça do acervo do Ipem-SP



Arroba rústica, formada por cepo de madeira, utilizada no período colonial. Peça do acervo do Ipem-SP



Medidas de volume para líquidos, em litros, do final do século XIX : **5 ,10 e 20 L**. Peças do acervo do Ipem-SP



Instituto de Pesos e Medidas
do Estado de São Paulo
50 anos bem medidos

Publicação: site do IPEM-SP.

Aula 3 - Propriedades dos fluidos



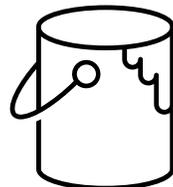
Quem pesa mais 1 kg de óleo ou 1 kg de água?
E se enchêssemos um balde de óleo e o mesmo
balde de água, quem pesaria mais?

Qual substância escoar mais rápido por uma
tubulação, a água ou o óleo?

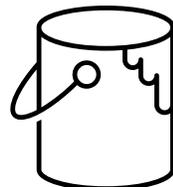
E se o óleo estivesse muito aquecido, e a
água próxima do congelamento?



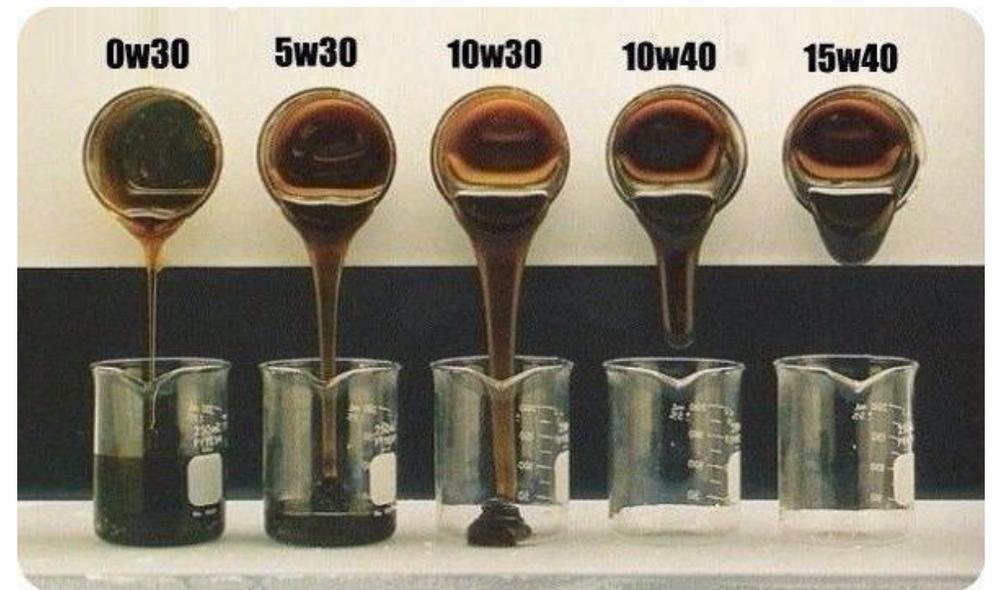
[Esta Foto](#) de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-NC-ND](#)



Água



Óleo



[PRUEBA DE VISCOSIDAD \(youtube.com\)](#)

Aulas 4 a 6 - Hidrostática

Em qual destas duas situações ocorrerá maior chance de furar o piso?

1



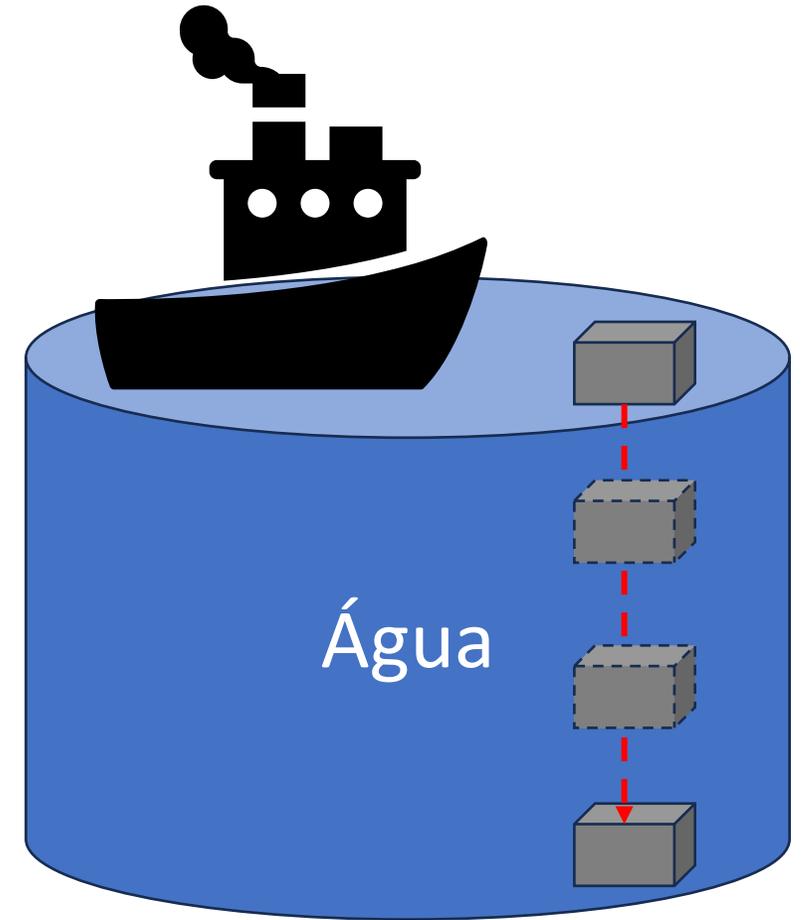
2



Piso

Pressão = Força / Área

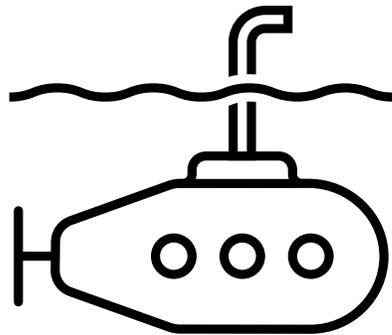
Quanto menor a área maior a consequência da força.



Por que uma pequena pedra afunda e um navio muito pesado flutua?

Aulas 4 a 6 - Hidrostática

Na tragédia do submarino que implodiu em 18/06/2023, qual era a pressão que ele estava submetido?



Superfície do mar

3,8 km

[Implosão do submarino para ver o Titanic: a teoria sobre o que causou desfecho - BBC News Brasil](#)

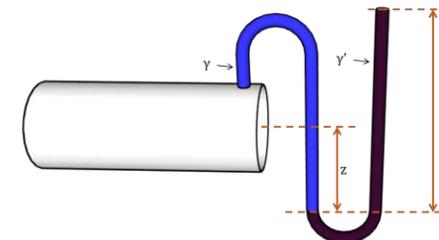


Como um equipamento como o manômetro tipo Bourdon consegue medir pressão?



[manometro-bourdon-01.jpg \(600x450\)](#)
([termidora.com.br](#))

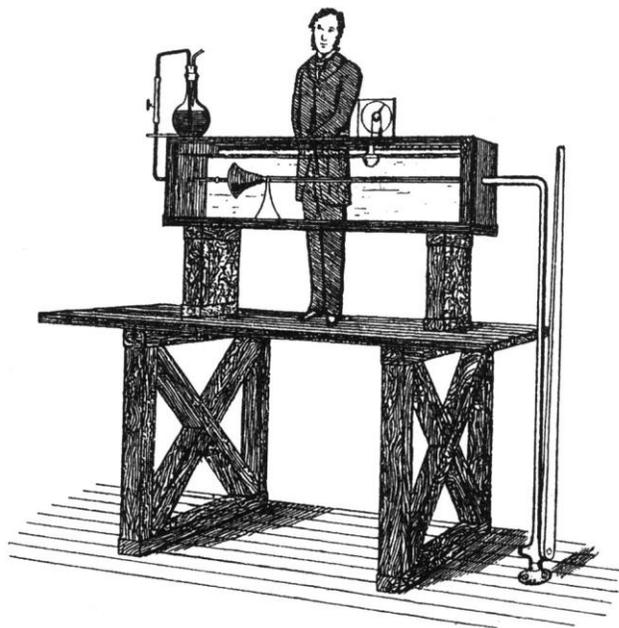
Por que a água jorra em poços artesianos confinados? e qual a sua similaridade com os manômetros laboratoriais?



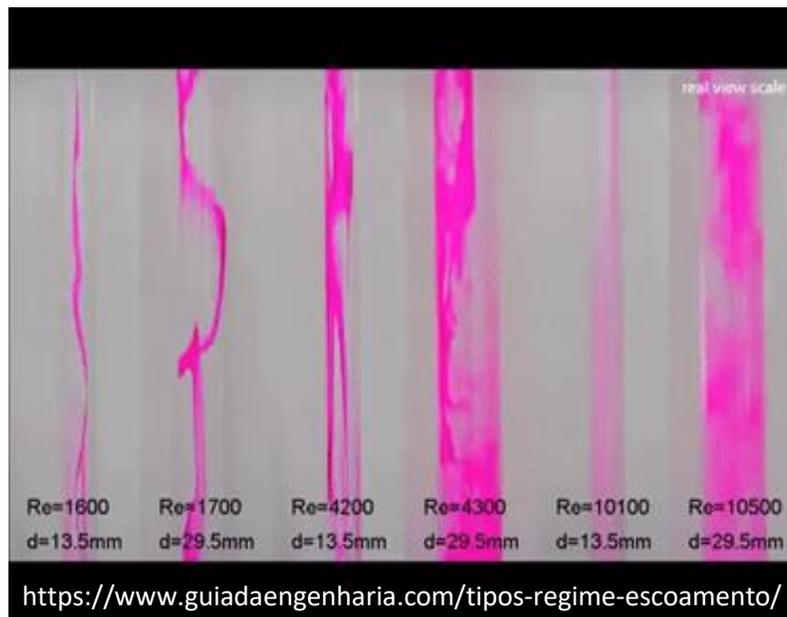
3.8 Manometria | Hidráulica Agrícola ([tolentino.pro.br](#))

Aulas 7 e 8 - Hidrodinâmica e Hidrometria

Experiência de Osborne Reynolds - Quanto maior for a velocidade de fluxo maior será a turbulência.



Reynolds und die Turbulenz - Wetterdienst.de



Teorema de Bernoulli – se uma carga diminui outra aumenta para compensá-la.



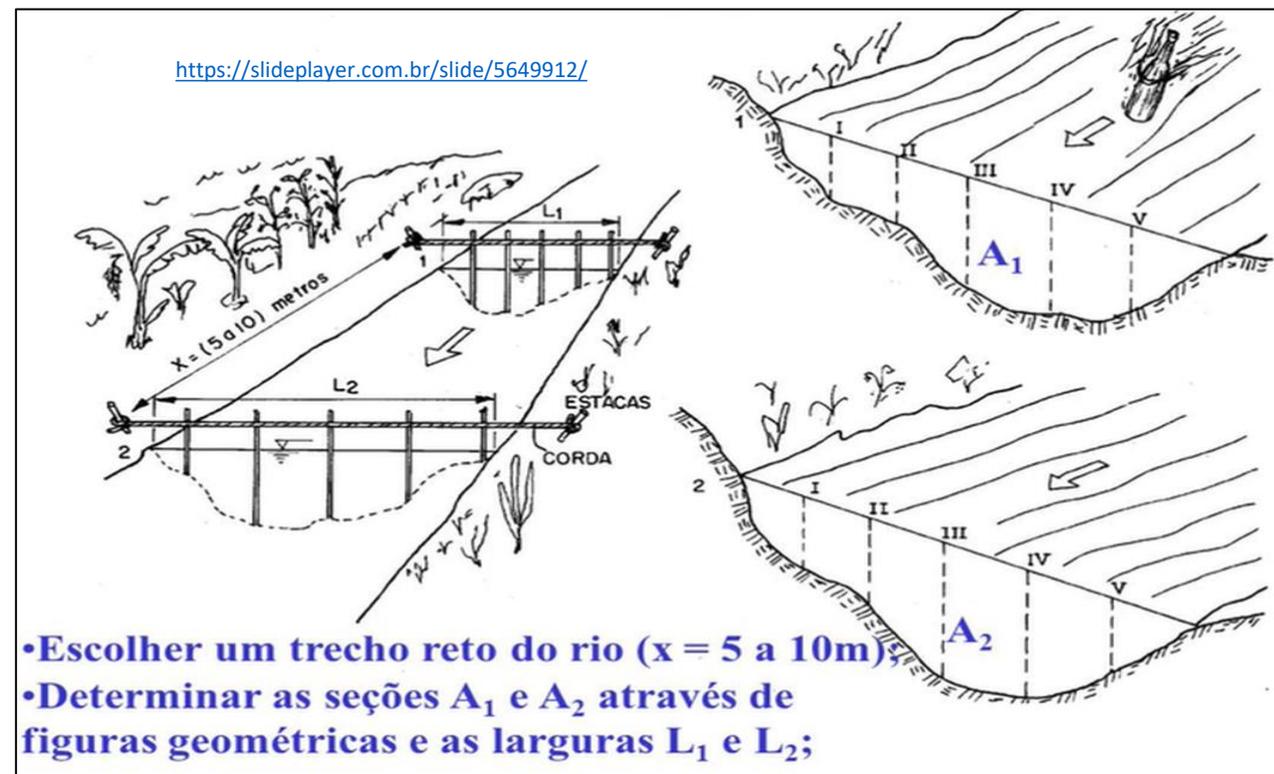
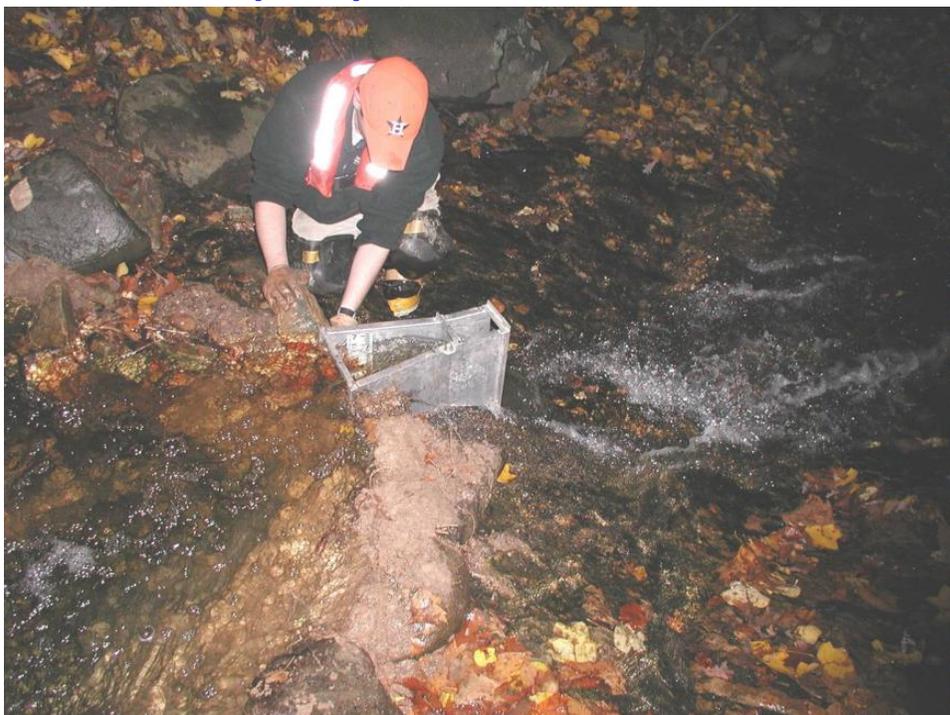
Hidrômetros -
Medidores de
volume e vazão.



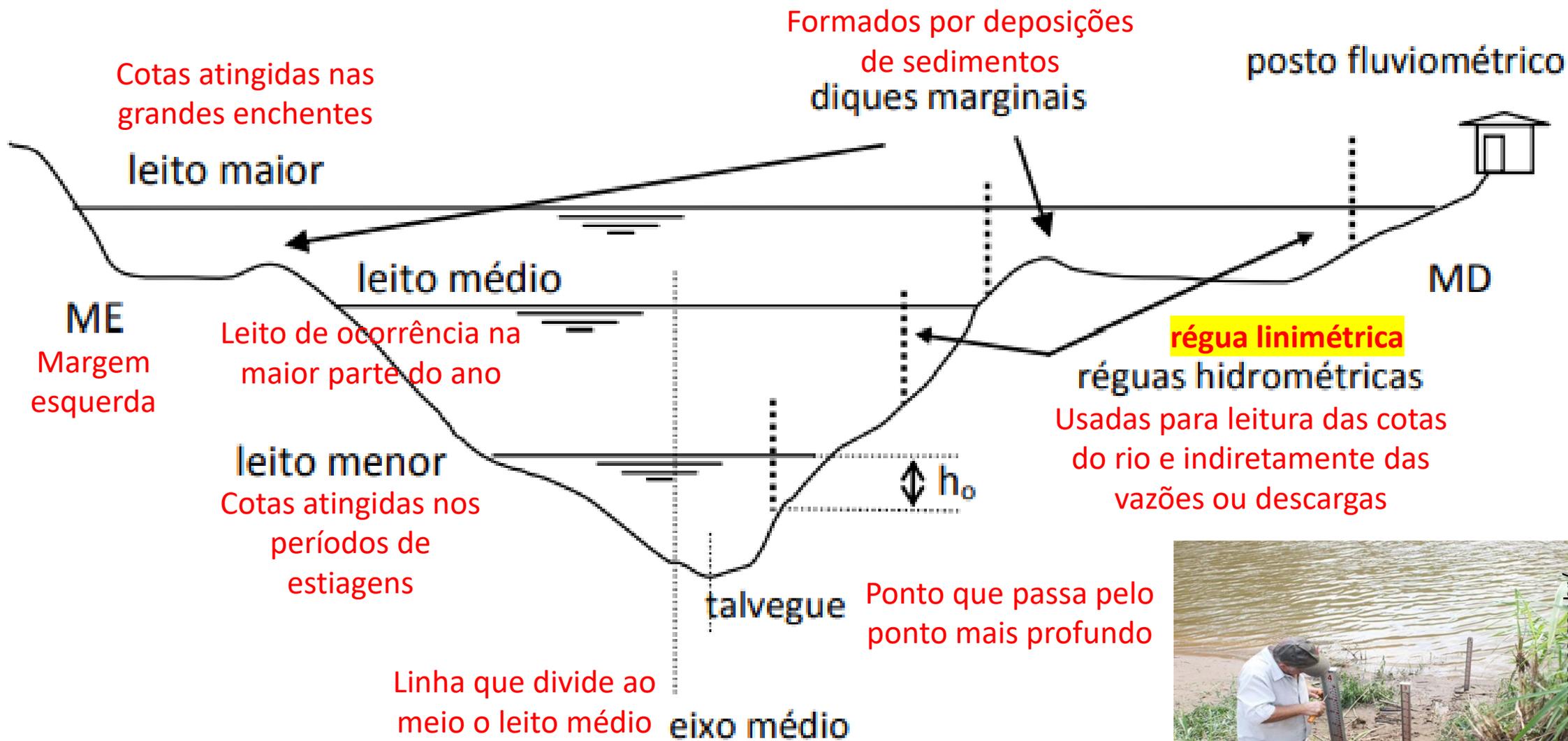
<https://produto.mercadolivre.com.br/>

Aulas 7 e 8 - Hidrodinâmica e Hidrometria

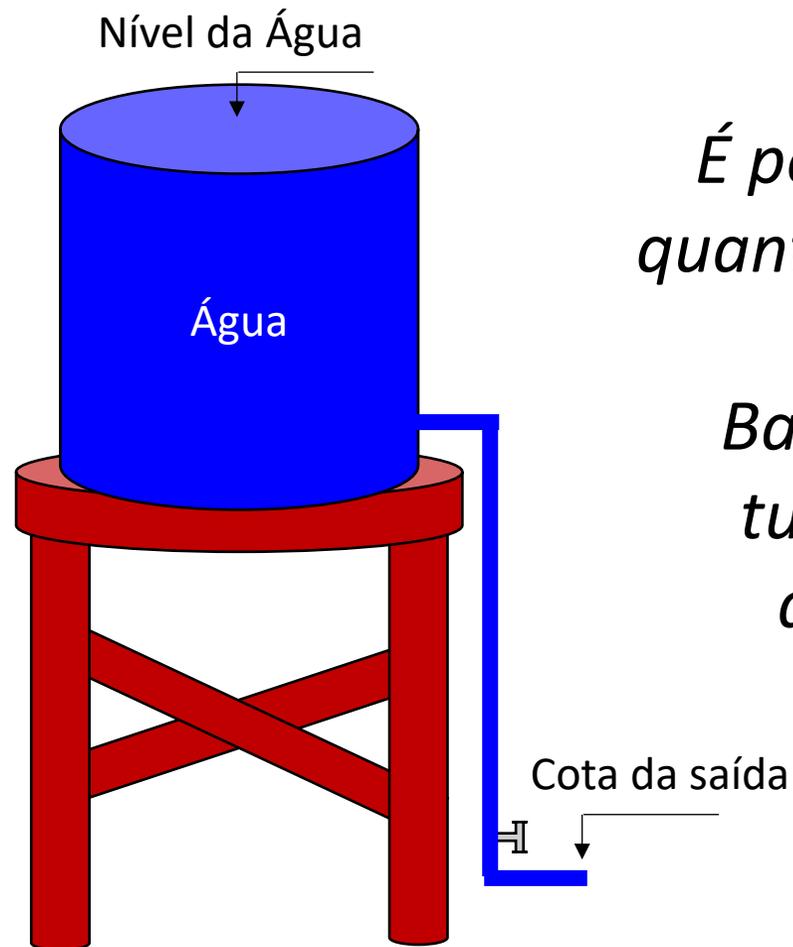
Como fazer para medir vazão de córregos e pequenos rios?



E nos grandes rios?



Aulas 9 a 12 - Condução forçada, perda de carga em tubulações e dimensionamentos de adutoras.



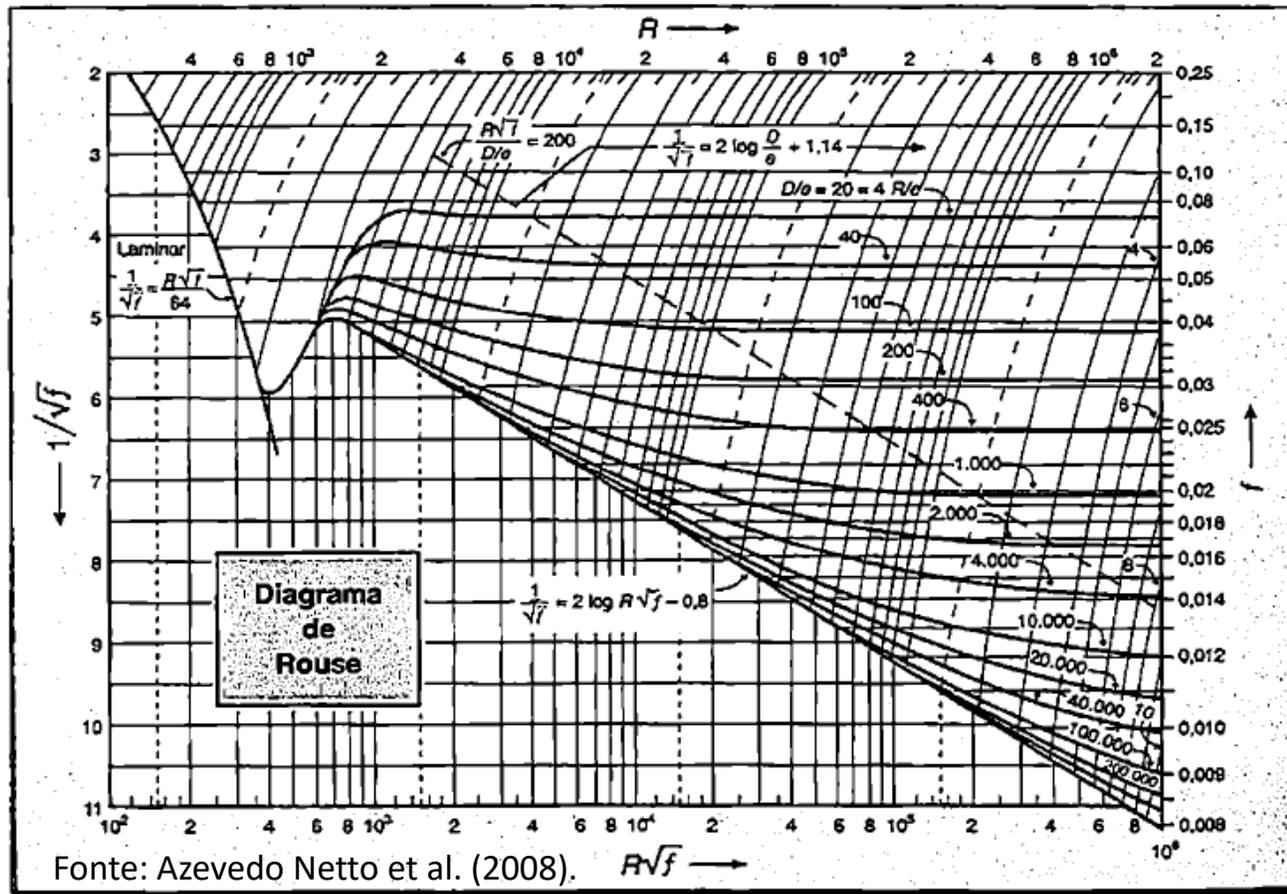
Assuntos da 2ª prova.

É possível estimar, com elevada precisão, a quantidade de água que sai do reservatório da ilustração ao lado.

Basta apenas conhecer características da tubulação, as peças nela conectadas, os desníveis e selecionar as equações de resistência adequadas.

Aulas 9 a 12 - Condução forçada, perda de carga em tubulações e dimensionamentos de adutoras.

Algumas equações e ábacos que serão estudados.



$$J = 0,0827 \times f \times \frac{Q^2}{D^5} \quad \frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \times \log \left(\frac{Rey \times \sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$f = 0,1114 \times Di^{-0,2333} \times Rey^{-(0,1638 \times Di^{-0,0964})}$$

$$J = \frac{10,67 \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}} \quad J = \frac{ks}{387} \cdot \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi} \right)^{1,9} \cdot \frac{1}{D^{4,9}}$$

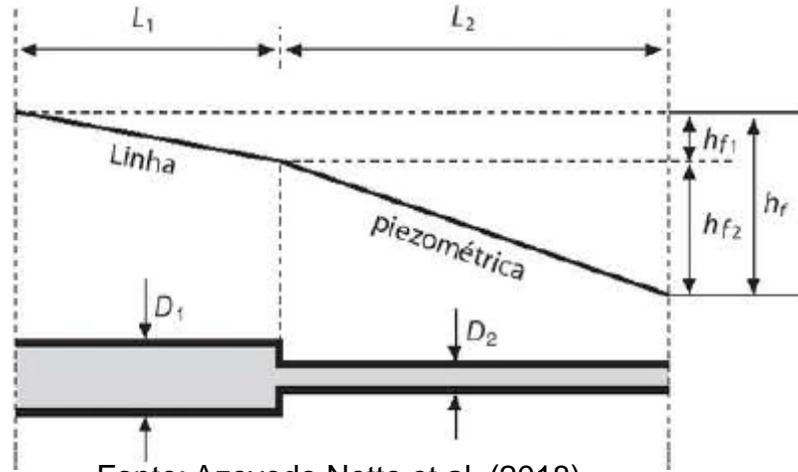
$$J = 4 \cdot b \cdot \frac{V^{1,75}}{D^{1,25}} \quad J = 8,63 \times 10^6 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$D[m] = K \times \sqrt{Q[m^3/s]} \quad L2 = \frac{\Delta H - J1 \times L}{(J2 - J1)}$$

$$D[m] = 1,3 \times \sqrt[4]{X} \times \sqrt{Q[m^3/s]} \quad \Delta H_L = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Aula 13 – Sistema de tubulações, problema dos três reservatórios e vazão em marcha.

Tubulações equivalentes

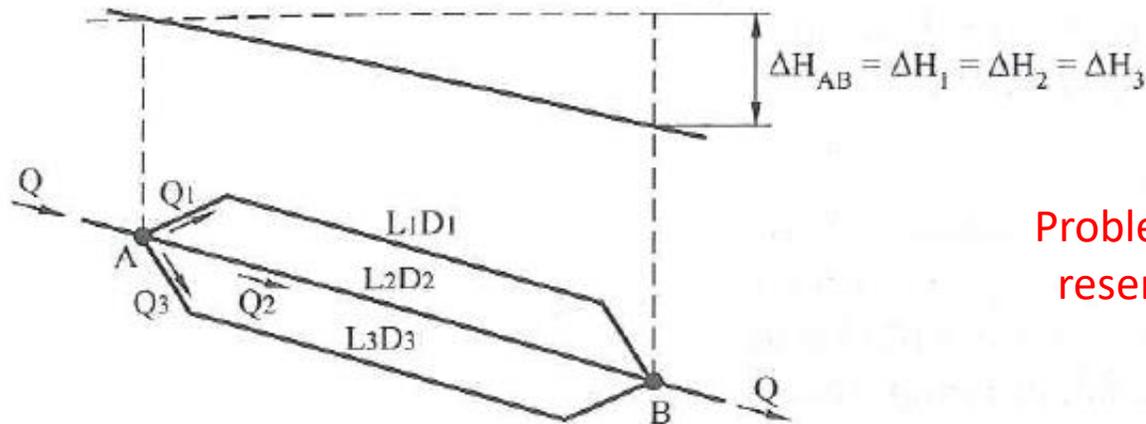


Fonte: Azevedo Netto et al. (2018).

Vazão em marcha

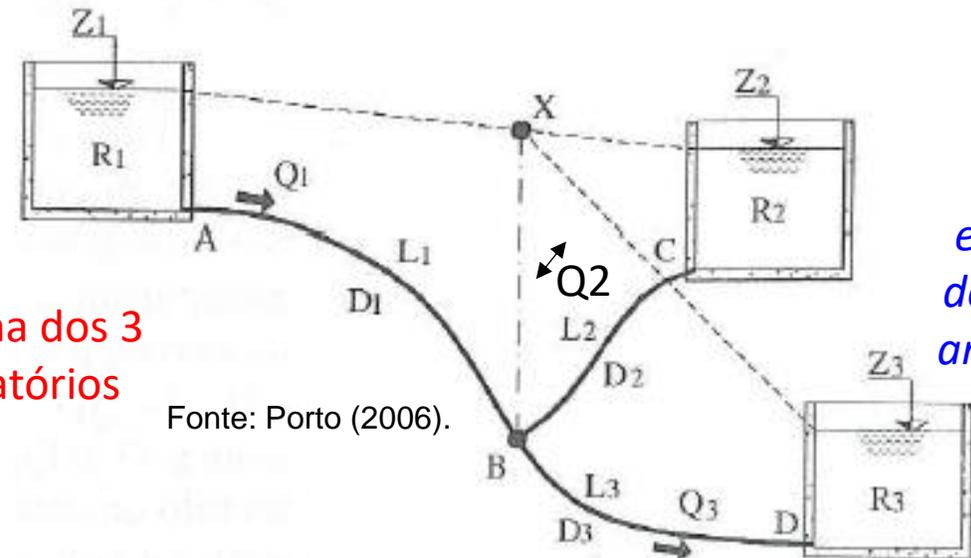
$$\Delta H = K \cdot \int_0^L (Q_m^2 - 2 \cdot Q_m \cdot q \cdot x + q^2 \cdot x^2) \cdot dx$$

$$F = \frac{\left\{ N \cdot \left[\left(\frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \cdot N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6 \cdot N^2} \right) + \frac{E1E}{EE} - 1 \right] \right\}}{\left(N + \frac{E1E}{EE} - 1 \right)} \Delta H = K \cdot \left(\frac{Q_m^2 \cdot L}{3} \right)$$



Fonte: Porto (2006).

Problema dos 3 reservatórios



Fonte: Porto (2006).

É possível encontrar/estimar locais de vazamentos analiticamente.

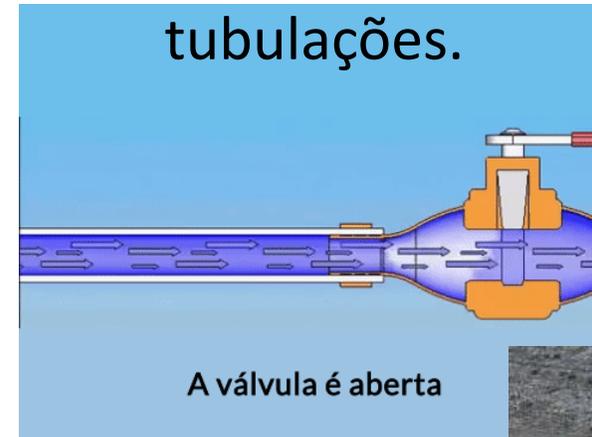
Aula 14 e 15 – Ancoragem e golpe de aríete

Já devem ter visto este tipo de estrutura. Para que serve?



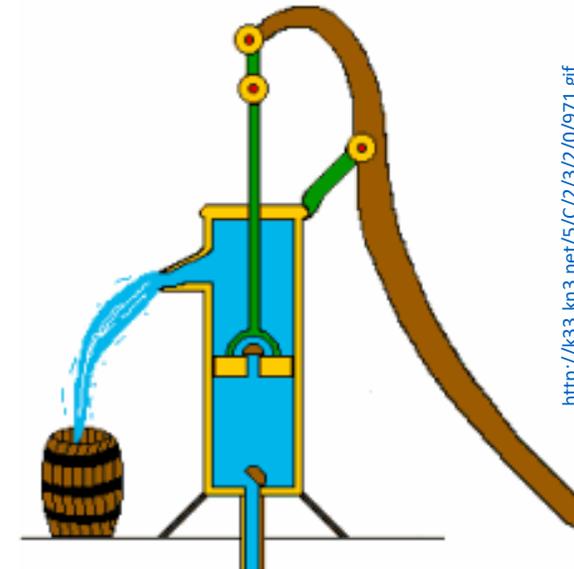
Esforços resultantes em mudanças de direção do fluido nos encanamentos podem ocasionar desencaixe dos tubos.

Fechamento rápido de registros pode causar ruptura ou colapso em tubulações.



Aula 16 – Bombeamento

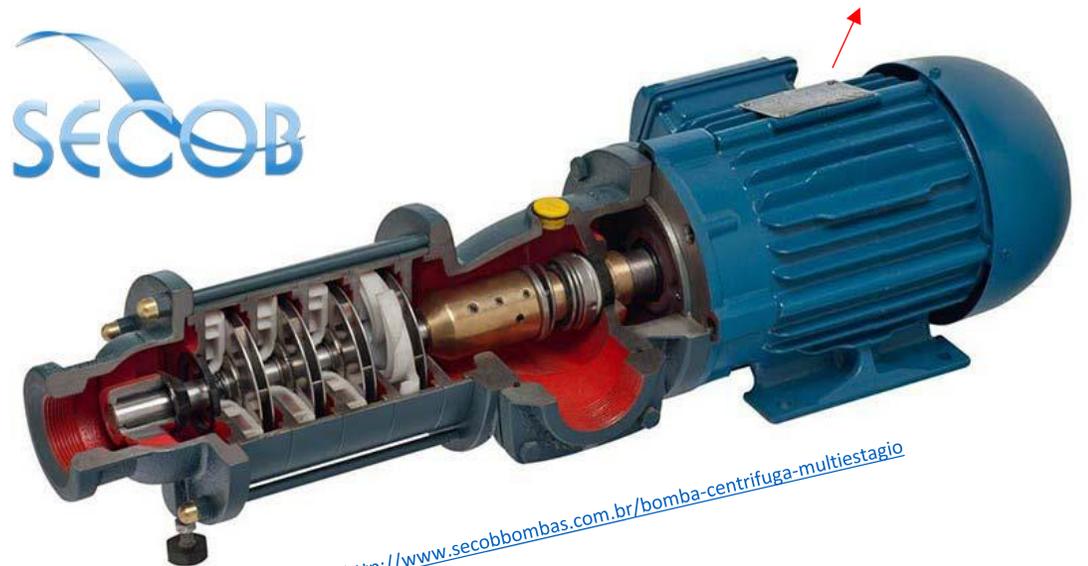
É possível escolher bombas para, praticamente, qualquer tipo de situação.



Plaquetas de identificação

WEG		ALTO RENDIMENTO		CE	
~ 3 132S		25MAR04		BM20035	
MOTOR INDUÇÃO - CAGUA		INDUCTION MOTOR - SOUBRESI		CAGE 60 CAT N	
kW(IP-0)		7.5(10)		RPM 1760	
Sf 1.15		B Δ† K		I _{ph} /h 7.8 IP55	
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A			
RES. DEF. S1		MAX. AMB 40°C		ALT 1000 m	
RENDIM. 91.0		COS φ 0.82		SFA	
220 V		380 V		440 V	
Δ 5.6 4.4		Δ 5.6 4.4		Δ 5.6 4.4	
Y 8.9 7.7		Y 8.9 7.7		Y 8.9 7.7	
L1 L2 L3		L1 L2 L3		L1 L2 L3	
- ONLY START		/ SOMENTE PARTIDA			
- 6308-ZZ		MOBIL POUREX EM		64 Kg	
- 6207-ZZ					
PROCEL NBR7094		REGULAMENTO - RESP/04-MOT		RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA	
		APROVADOS PELO INMETRO			

SECOB



Aula 16 – Bombeamento

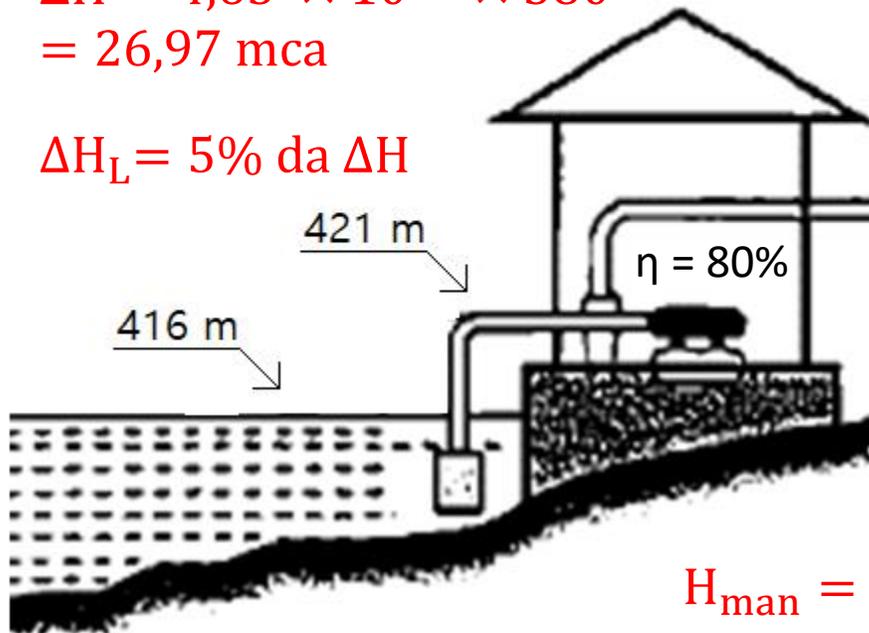
Exemplo – considerar perda de carga na sucção desprezível e perdas localizadas iguais a 5% das lineares.

$$Q = 108.000 / 3.600.000 = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J = \frac{10,67 \times 0,03^{1,852}}{(155^{1,852} \times 0,1182^{4,87})} = 4,65 \times 10^{-2} \text{ m/m}$$

$$\Delta H = 4,65 \times 10^{-2} \times 580 = 26,97 \text{ mca}$$

$$\Delta H_L = 5\% \text{ da } \Delta H$$



Trajeto = 580 m
Vazão = 108.000 L/h

Tubo PVC Novo
DN 125 mm
PN 60 mca
Di 118,20 mm
e 3,40 mm

Fonte: Azevedo Netto et al. (1998) adaptado.

Potências comerciais de motobombas: 1/4, 1/3, 1/2, 3/4, 1, 1-1/2, 2, 3, 4, 5, 6, 7-1/2, 10, 12-1/2, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 125, 150, 200 e 250 cv.

$$\Delta H_L = 0,05 \times 26,97 = 1,35 \text{ mca}$$

$$\Delta H_T = 26,97 + 1,35 = 28,32 \text{ mca}$$

$$H_{\text{man}} = H_s + H_r + \Delta H_T = (421 - 416) + (442 - 421) + 28,32 = 54,32 \text{ mca}$$

$$Pot[\text{cv}] = \frac{\gamma \left[\frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right] \cdot Q \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \cdot H_{\text{man}}[\text{mca}]}{75 \cdot \eta[\text{decimal}]}$$

$$Pot = \frac{1000 \cdot 0,03 \cdot 54,32}{(75 \cdot 0,80)}$$

$$Pot = 27,16 \text{ cv}$$

Pot comercial 30 cv.

Aula 16 – Bombeamento - Cavitação

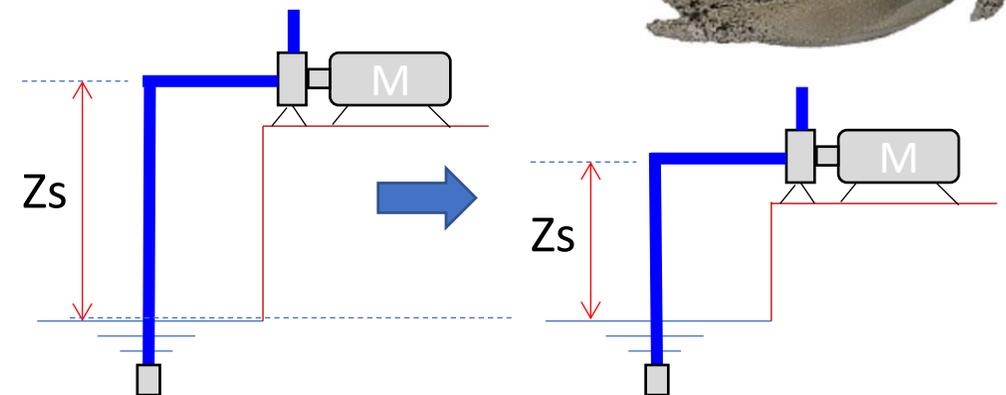
“É a vaporização do fluido que acontece quando a pressão de escoamento diminui, por qualquer motivo, e alcança a pressão de vapor, correspondente a sua temperatura” (Santos, 2007).

$$NPSH_d = P_{atm} - P_v - \Delta H_s - H_s - V^2/2g - \text{Folga}$$

Para evitar a cavitação o
 $NPSH_d > NPSH_r$

Em caso de cavitação Deve-se rebaixar a bomba

$$H_{S_{Máx}} = P_{atm} - P_v - \Delta H_s - \frac{V^2}{(2 \times g)} - NPSH_r - \text{Folga}$$



Aula 17 – Noções de projetos de irrigação



Universidade Federal De Campina Grande
Centro De Tecnologia E Recursos Naturais
Unidade Acadêmica De Engenharia Agrícola



SIRRAD

SOFTWARE DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO
E RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO
PARA REGIÃO DO ALTO
SERTÃO PARAIBANO

PROJETOS

IRRIGA: VERSÃO SIMPLIFICADA

IRRIGA: VERSÃO COMPLETA

ADUBAÇÃO & CALAGEM

DADOS BASE

SOLO & ÁGUA

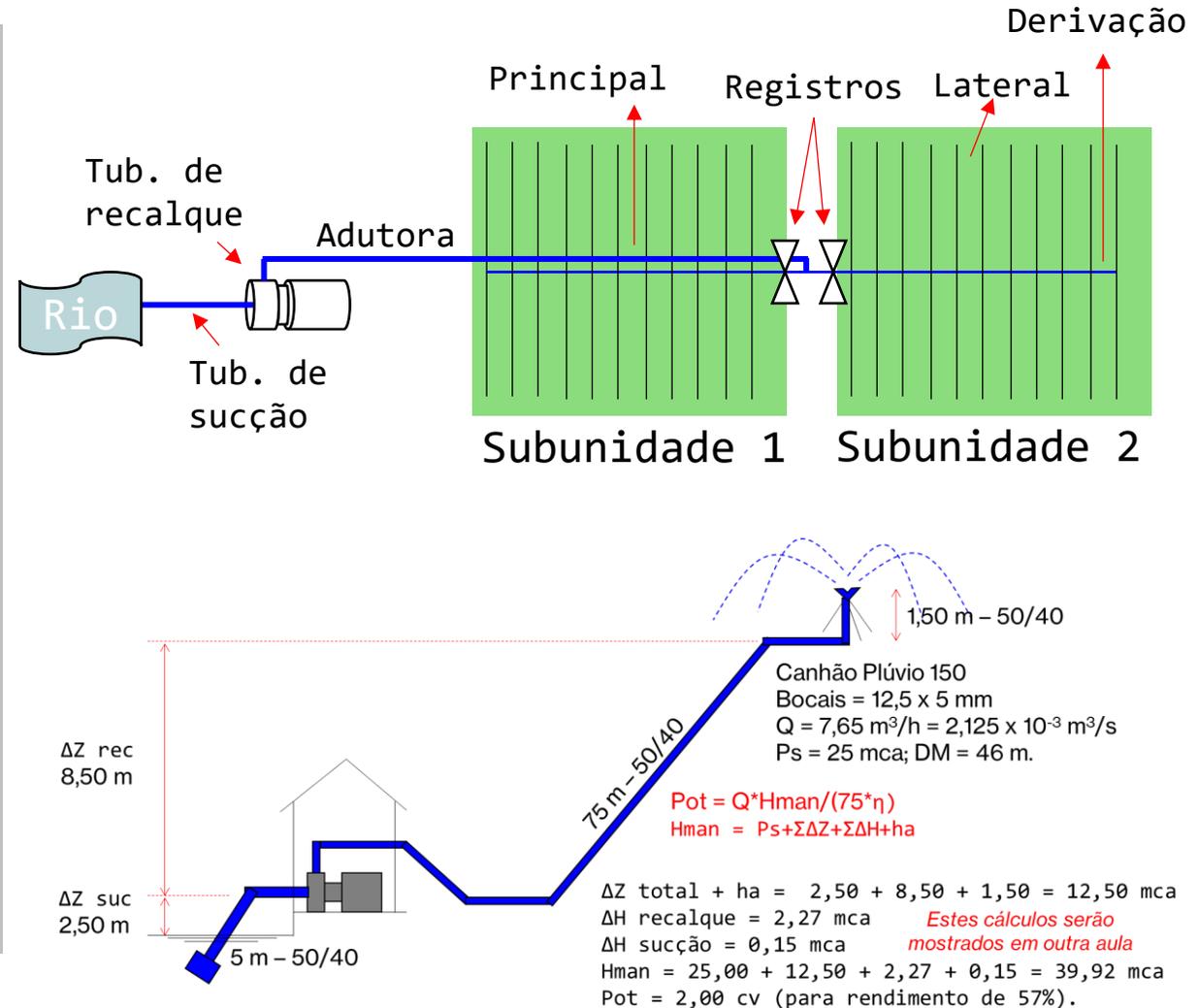
PREÇO DOS INSUMOS

Tutorial

Aplicativos

Autores

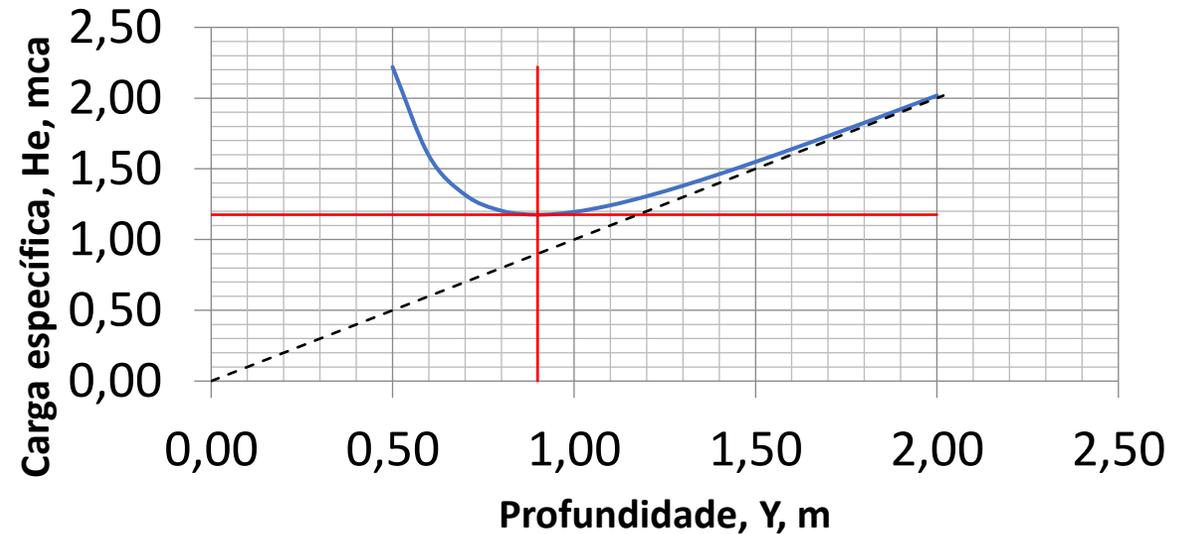
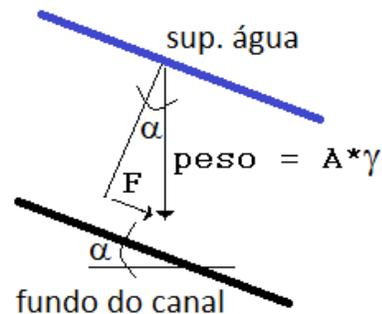
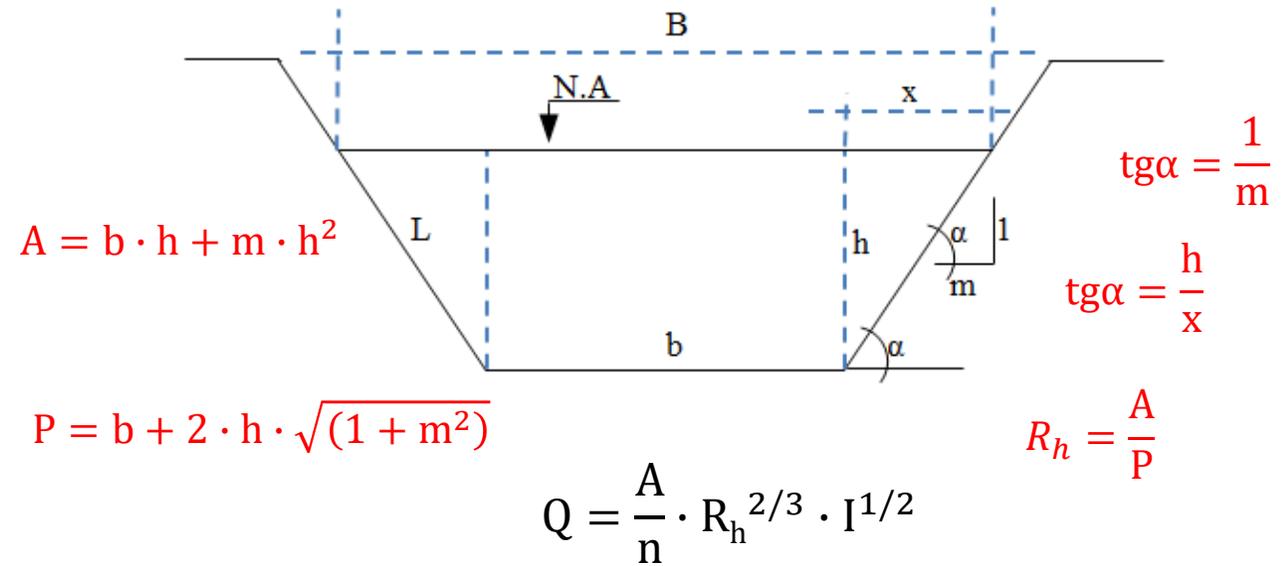
Copyright © 2009



Fonte: Sousa (2009).

Aula 18 a 20 – Condução livre

5



Aula 18 a 20 – Condução livre

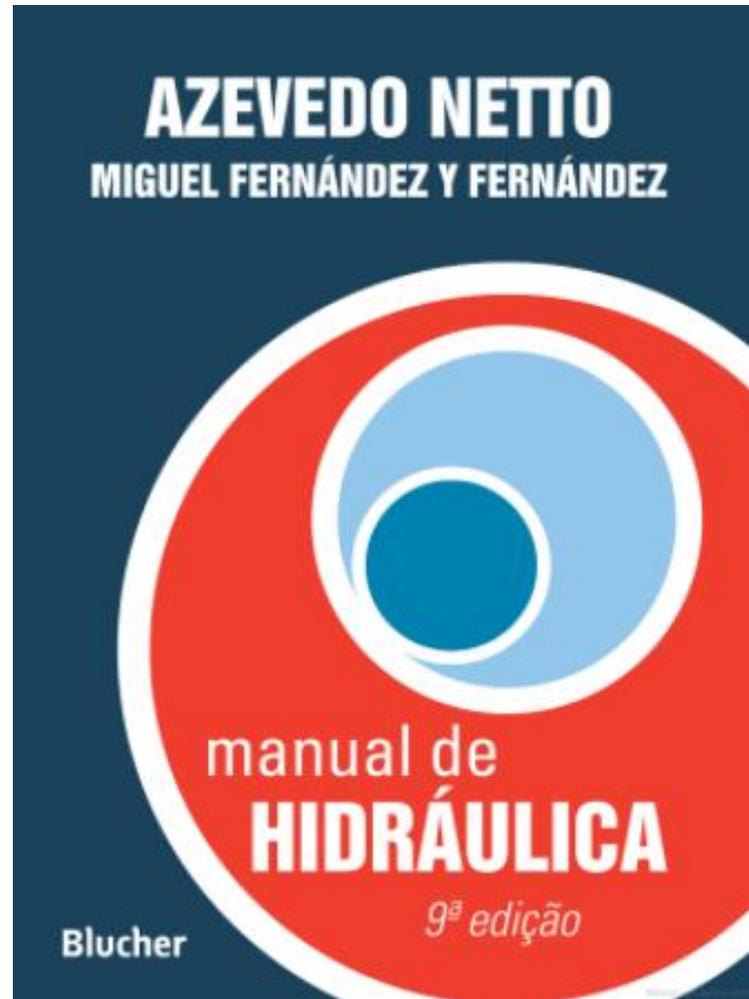
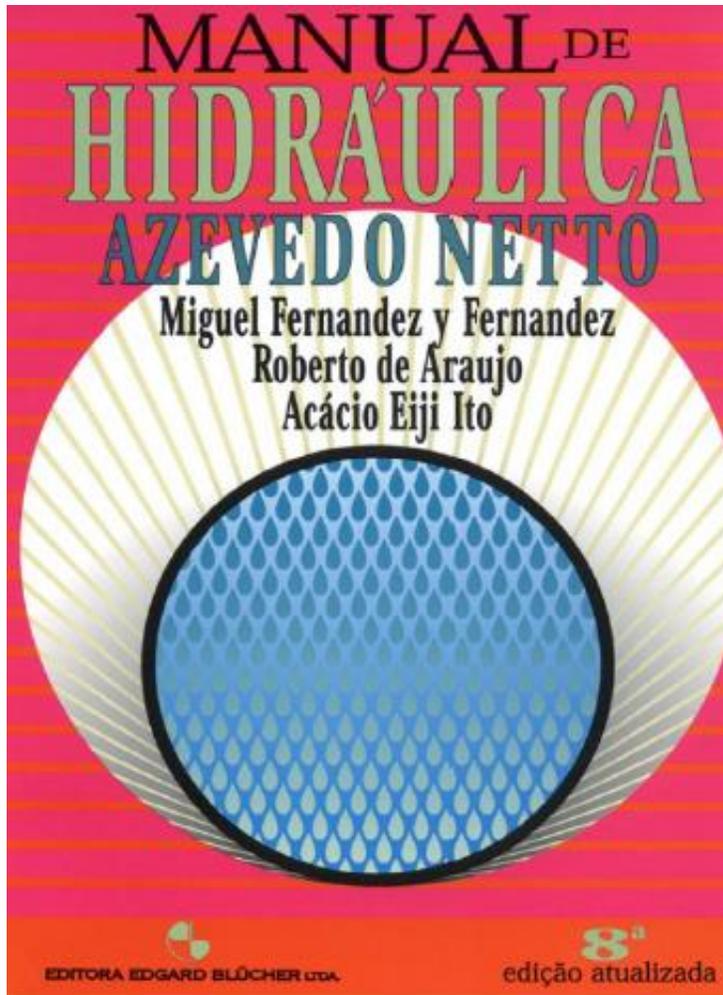
Tópicos para 3ª Avaliação

- Tipos de canais.
- Geometria de canais.
- Carga específica.
- Fórmulas de Chézy e Manning.
- Profundidade crítica.
- escoamento transitório.
 - Ressalto hidráulico.
 - Remanso.



Fonte: [Revista Educação Pública - A transposição do Rio São Francisco \(cecierj.edu.br\)](http://RevistaEducaçãopública-AtransposiçãodoRioSãoFrancisco(cecierj.edu.br))

Livros texto da disciplina



https://books.google.com.br/books/about/Manual_de_hidr%C3%A1ulica.html?id=ejtRDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Apostila recomendada



Plano da disciplina

Conteúdo	Tipo	Aula Nº
Apresentação da disciplina; Conceitos e histórico da hidráulica.	Teórica	01
Grandezas e unidades de medida; Sistemas de unidades (MLT, CGS, MKS, MK*S e FLT).	Teórica	02
Propriedades dos fluidos.	Teórica	03
Aula prática em laboratório - Propriedades dos fluidos.	Prática	-
Hidrostática, Leis de Pascal e Stevín, experiência de Torricelli e empuxo.	Teórica	04
Empuxo em superfícies planas submersas.	Teórica	05
Manometria (manômetros tipo Bourdon, tipo U e diferenciais).	Teórica	06
Aula prática em laboratório - hidrostática, manometria e empuxo.	Prática	-
Hidrodinâmica e classificação de fluxos; Hidrometria (métodos diretos, flutuador ou molinete e vertedores).	Teórica	07
Hidrometria (métodos das calhas, foronomia e tubos Pitot e Venturi).	Teórica	08
Aula prática em campo - Medição de vazão em aspersores, microaspersores e gotejadores.	Prática	-
Aula prática em laboratório - Medição de vazão em canais de irrigação.	Prática	-
Entrega de trabalhos e apresentação de seminários (peso 2 para 1ª nota).	Prática	-
Revisão geral.	Teórica	-
1ª Avaliação - prova escrita (peso 8 para 1ª nota).	Teórica	-
Correção da prova em sala de aula; Condução forçada.	Teórica	09.1
Equação universal de perda de carga (Darcy-Weisbach).	Teórica	09.1
Fator de atrito da equação universal de perda de carga.	Teórica	09.1
Equações empíricas para cálculo da perda de carga em tubulações pressurizadas.	Teórica	09.2
Acessórios de tubulações e perdas de carga localizadas.	Teórica	10
Aula prática em laboratório - Determinação da perda de carga linear e singular em tubulações.	Prática	-
Dimensionamento de adutoras com um ou mais diâmetros.	Teórica	12
Sistema de tubulações; Problema dos três reservatórios; Vazão em marcha.	Teórica	13
Ancoragem; Golpe de aríete.	Teórica	14 e 15
Bombeamento; Escolha e associação de bombas.	Teórica	16
Bombeamento; Escolha e associação de bombas.	Prática	16
Aula prática em laboratório - Associação de bombas.	Teórica	-
Noções básicas de projetos de irrigação pressurizadas.	Teórica	17
Aula prática em laboratório - Projeto de irrigação a partir do software SIRRAD.	Prática	-
Revisão geral.	Teórica	-
2ª Avaliação - prova escrita (peso 6 para 2ª nota).	Teórica	-
Correção da prova em sala de aula; Condução livre.	Teórica	18
Tipos de movimento em escoamento livre; Movimento permanente e uniforme em canais.	Teórica	18
Geometria de canais; Equações de resistência em canais.	Teórica	19
Profundidade crítica; Movimento uniforme variado em canais.	Teórica	20
Revisão geral.	Teórica	-
Visita técnica a estação de bombeamento principal do DINC.	Prática	-
3ª Avaliação (peso 2 para 2ª nota). Entrega de trabalhos e projetos (Peso 2 para 2ª nota)	Teórica	-
Prova Final.		-

FIM

