Instrumentação

9ª. Aula

Instrumentos de medida

2019

Monitoramento de processos e operações

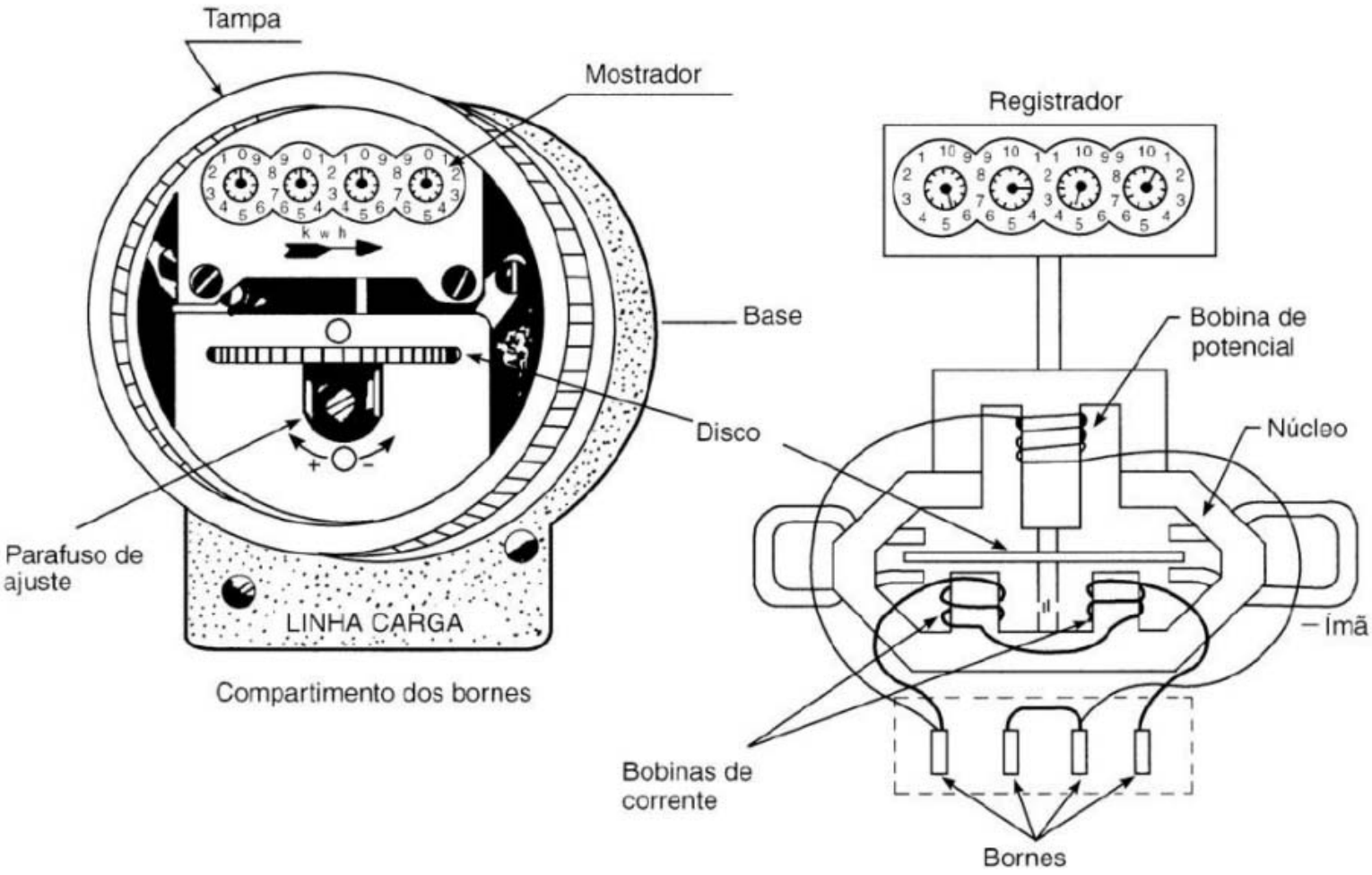
Medidores de consumo de força

Relógio de Força: mede o trabalho realizado pela energia elétrica.

$$W = E \cdot I \cdot \cos \phi \cdot t$$

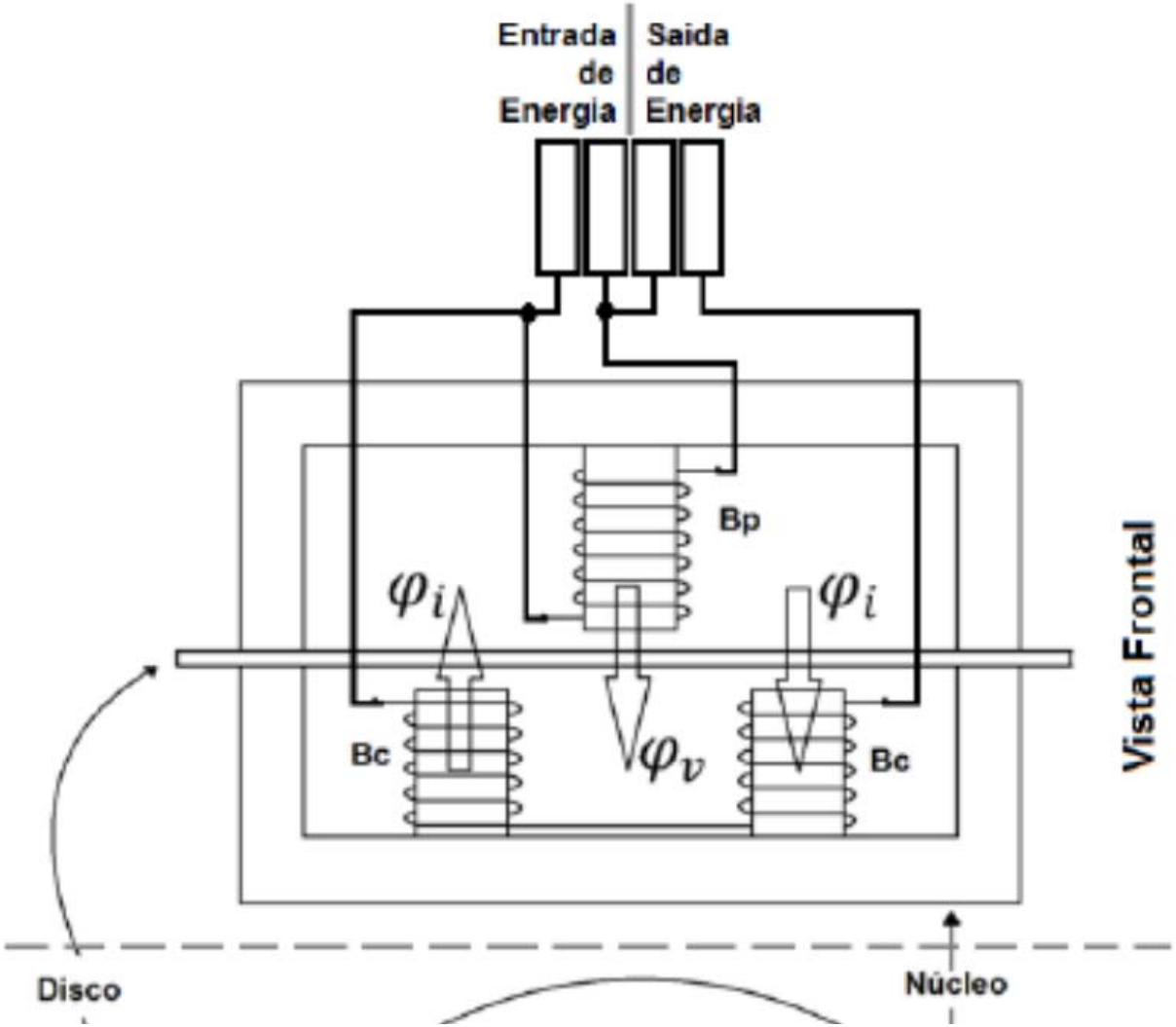
no S.I. → W.s
unidade comum kWh.

Monitoramento de processos e operações



Fonte: Dahle, 2010

Monitoramento de processos e operações



Medidores de consumo de água

Hidrômetro: mede volume de água que atravessa o medidor.

Medidores de consumo de água

Medidor Taquimétrico (velocidade)

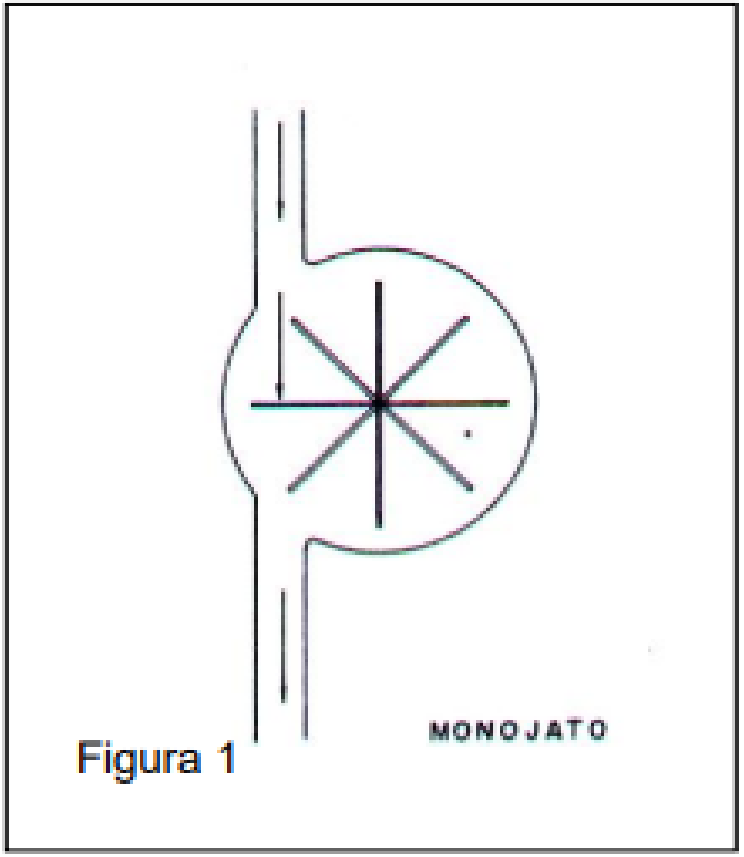


Figura 1

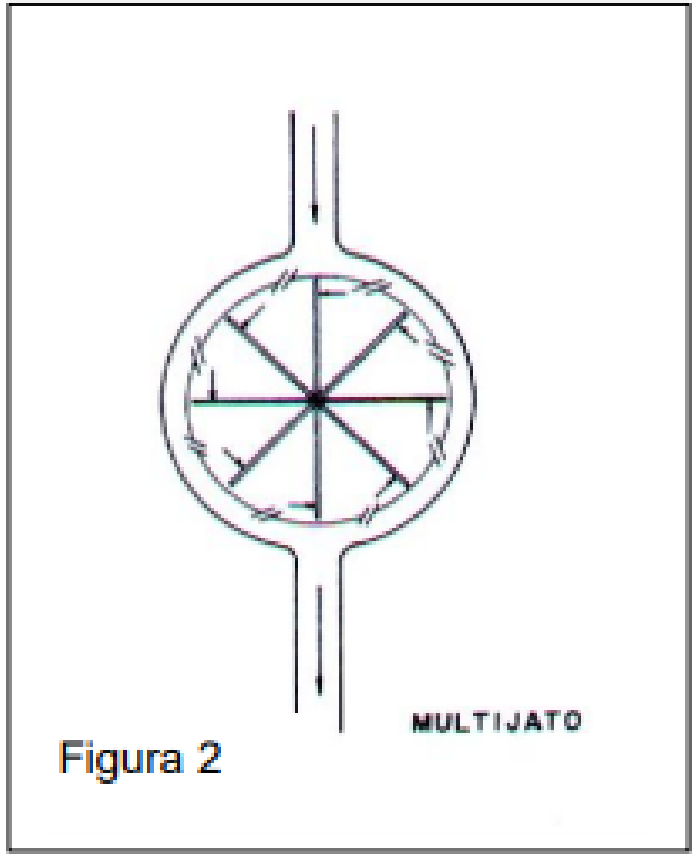


Figura 2

Medidor volumétrico

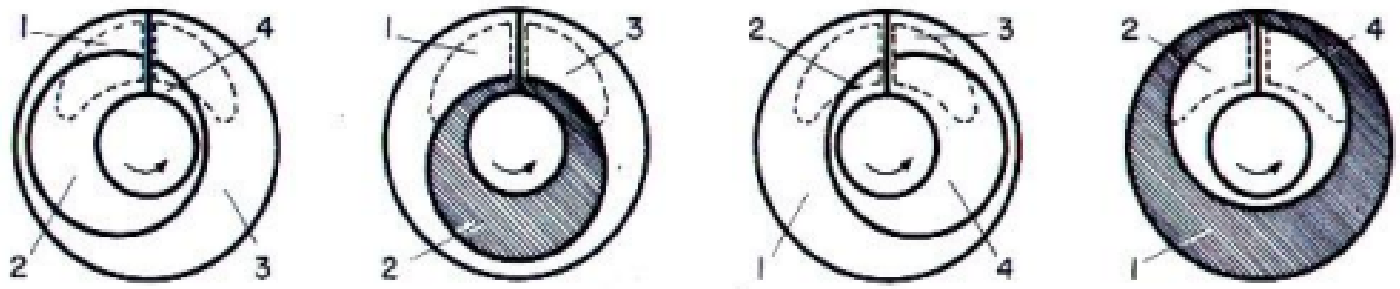


Figura 4

Monitoramento ambiental

- Termômetros, barômetros, pluviômetros, higrômetros
- Anemômetros, heliógrafo

Termo higrógrafo

Heliógrafo

Controle de processos e operações

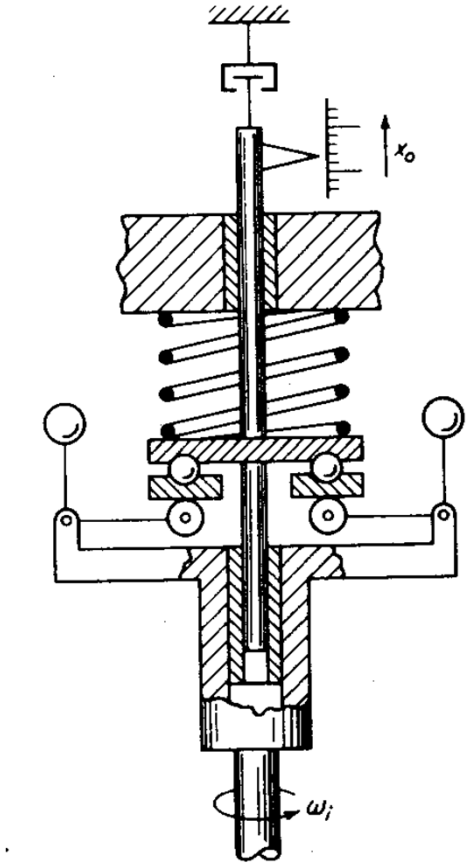
- Ciclo aberto
  - Melhor exemplo, ainda em operação, é a usinagem de motores por robôs.

- Ciclo fechado
  - (realimentação)
  - Exemplo mais conhecido é a climatização de ambientes por ar condicionado.

Controle da rotação nas Turbinas hidráulicas

Um pendulo de Watt mede a rotação da turbina. Quando há alteração na rotação o pendulo muda de posição e aciona um circuito hidráulico que regula a vazão retornando à vazão nominal.

Aula prática (???)
Entender o funcionamento da regulagem da rotação em simulação de usina hidrelétrica.

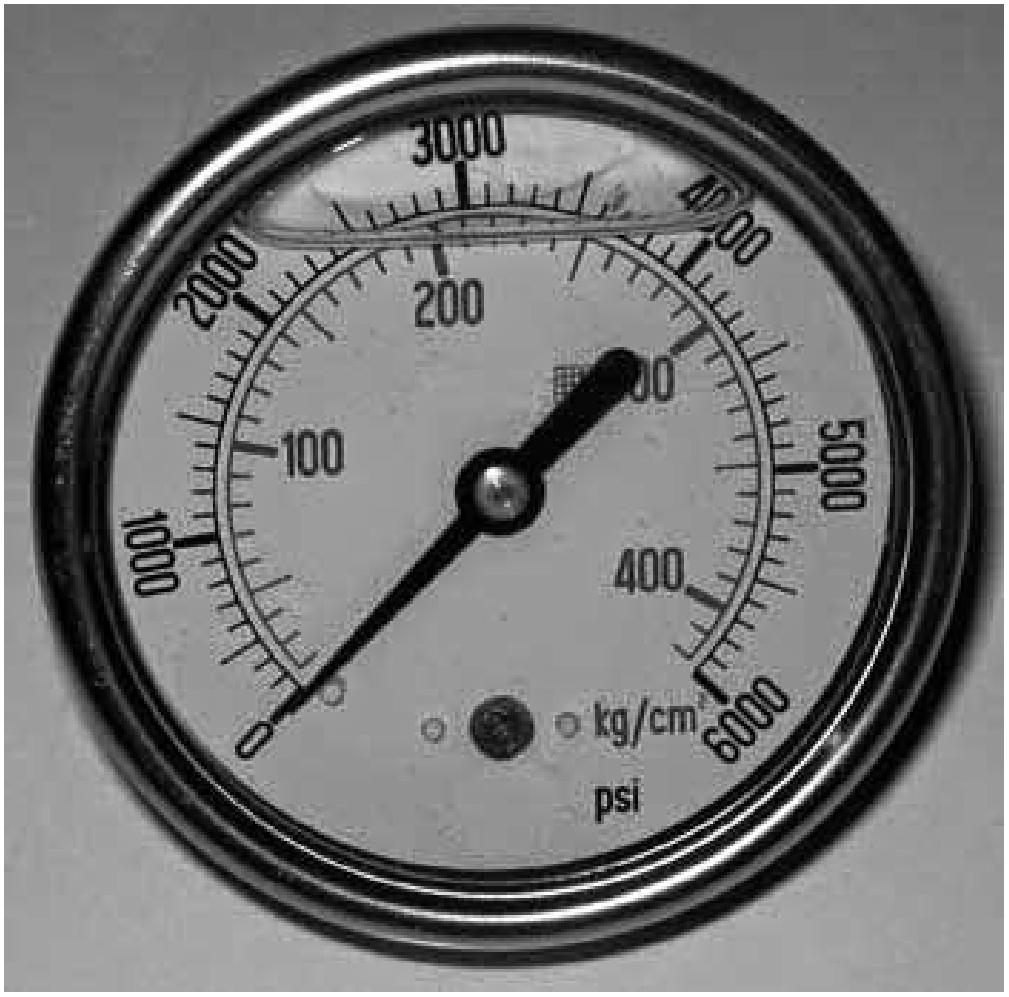


Medidores de frequência

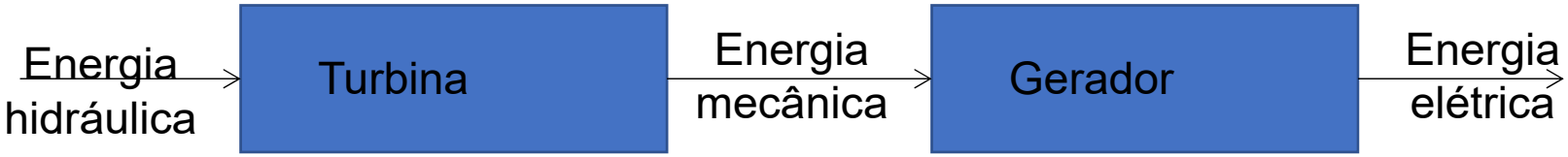
Medidor de frequência por ressonância mecânica.

Medidor eletromagnético de vazão

Medidor de pressão tipo Bourdon



Energia nos aproveitamentos hidrelétricos



- A energia hidráulica é comunicada à turbina pela pressão (P) e vazão (Q) → $Pot_{hid} = P \times Q$
- A turbina a transforma em energia mecânica, transmitida pelo torque (τ) e rotação (ω)
  → $Pot_{mec} = t \times w$
- O gerador recebe a energia mecânica e transforma em elétrica: tensão (E) e corrente (i) → $Pot_{ele} = E \times i$

Rendimentos nos AHE

- Rendimento da turbina

$$\eta_{tur} = \frac{pot_{mec}}{pot_{hid}}$$

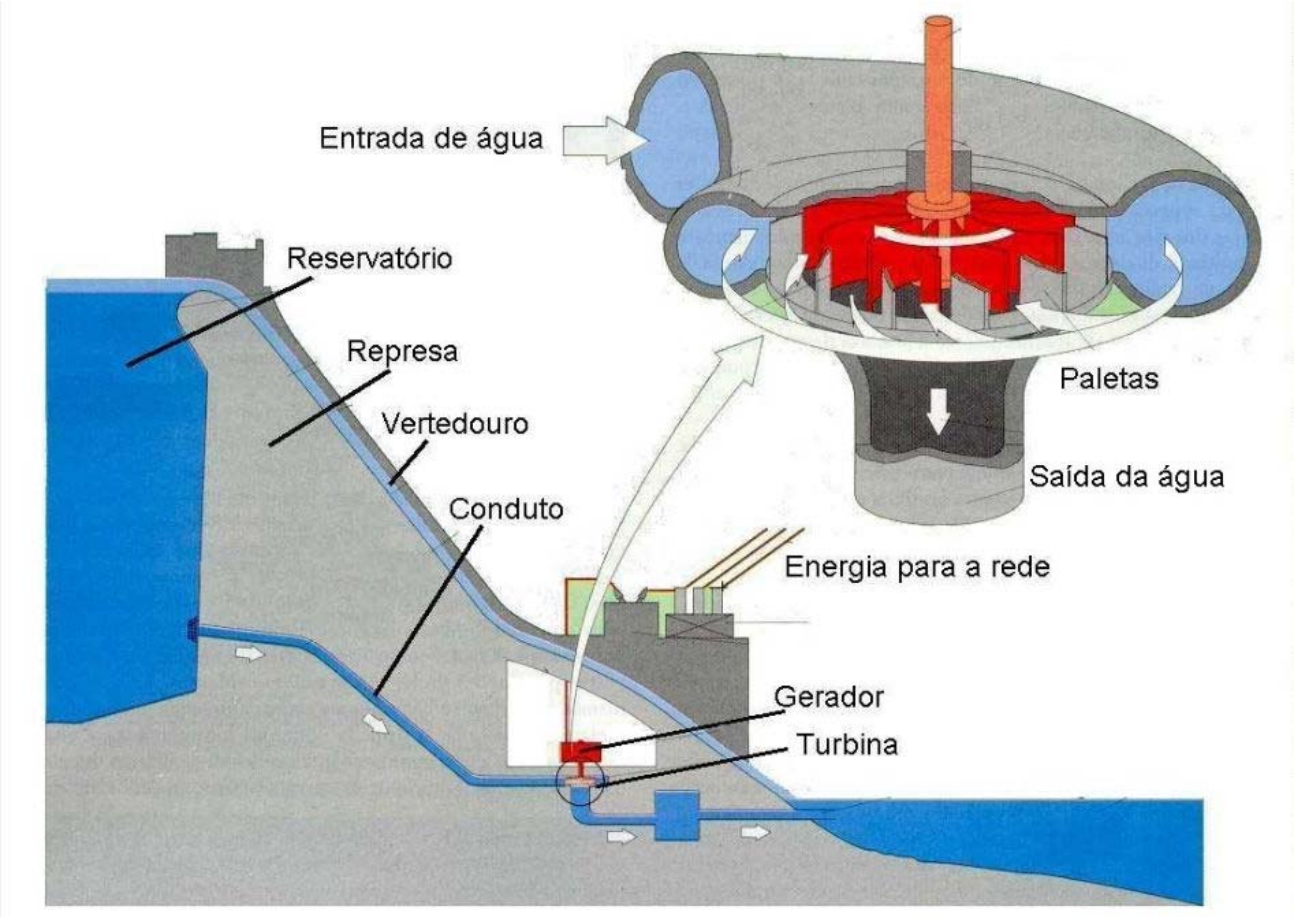
- Rendimento do gerador

$$\eta_{ger} = \frac{pot_{ele}}{pot_{mec}}$$

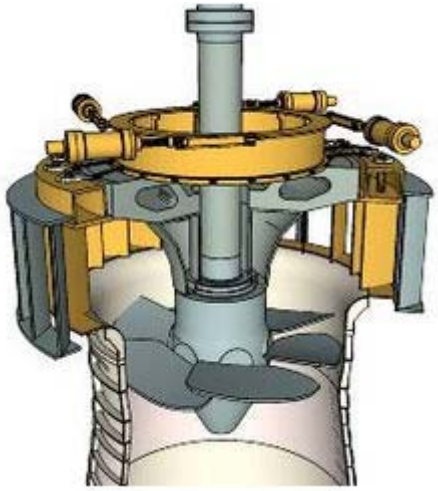
- Rendimento total

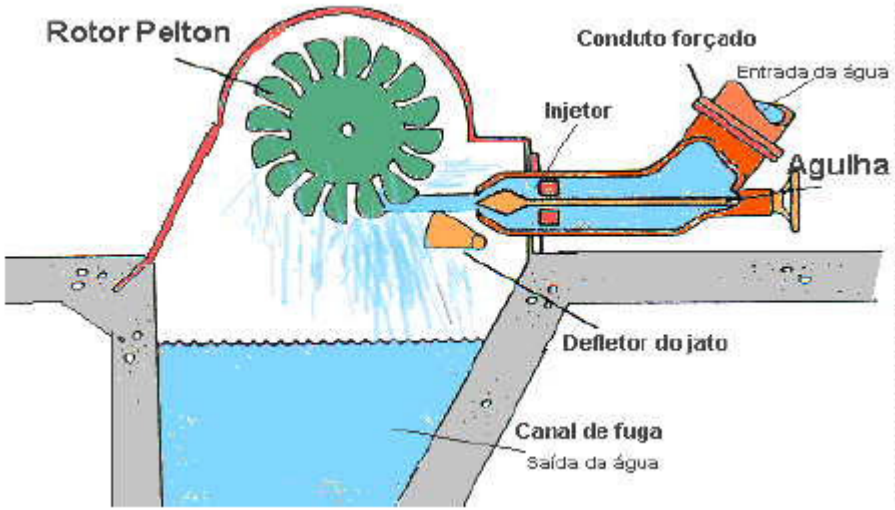
$$\eta_{total} = \eta_{tur} \times \eta_{ger} = \frac{pot_{ele}}{pot_{hid}}$$

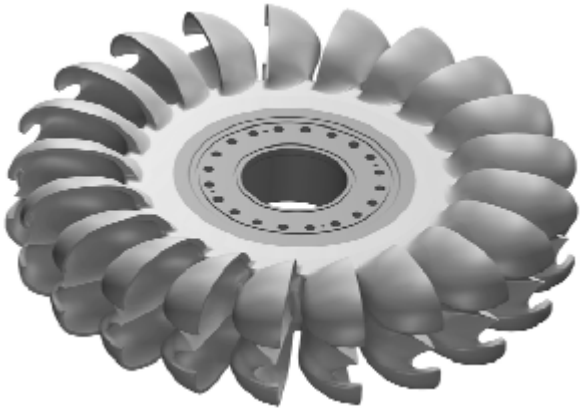
Turbina Francis



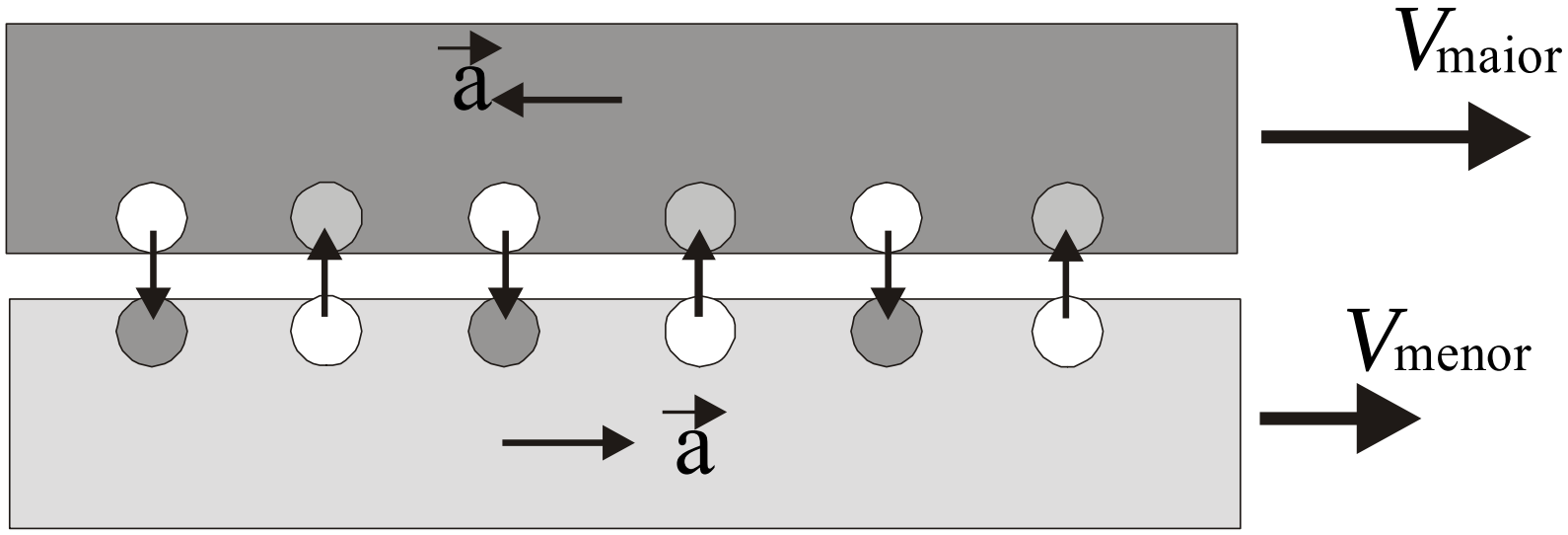
Turbinas Kaplan e Pelton





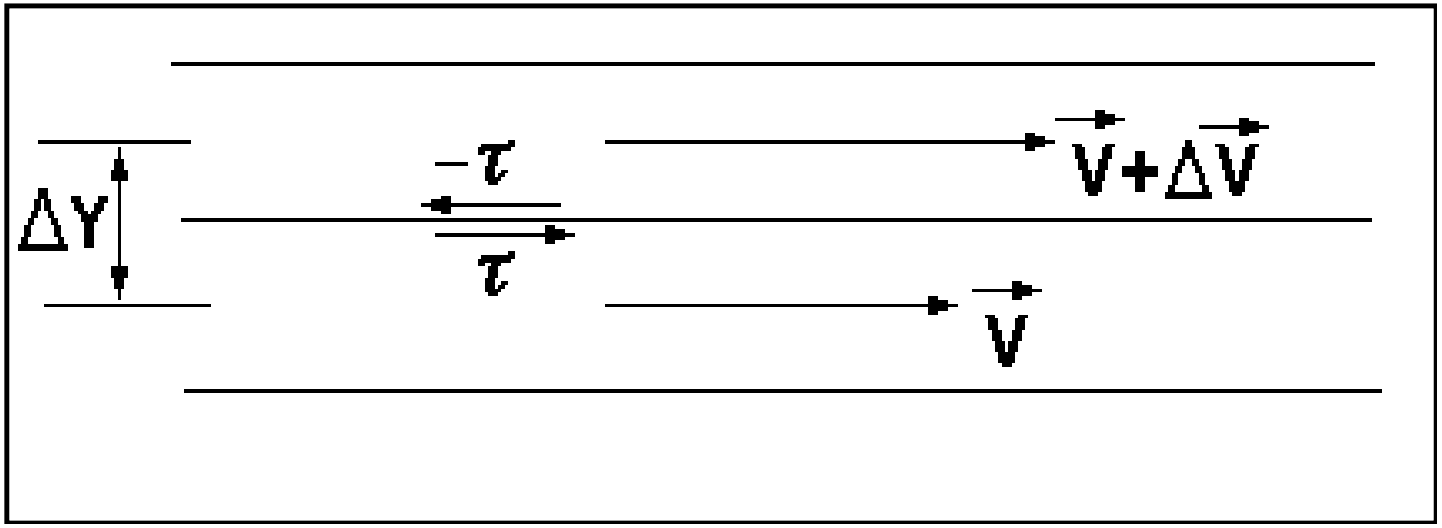


Conceito de viscosidade



Conceito de viscosidade

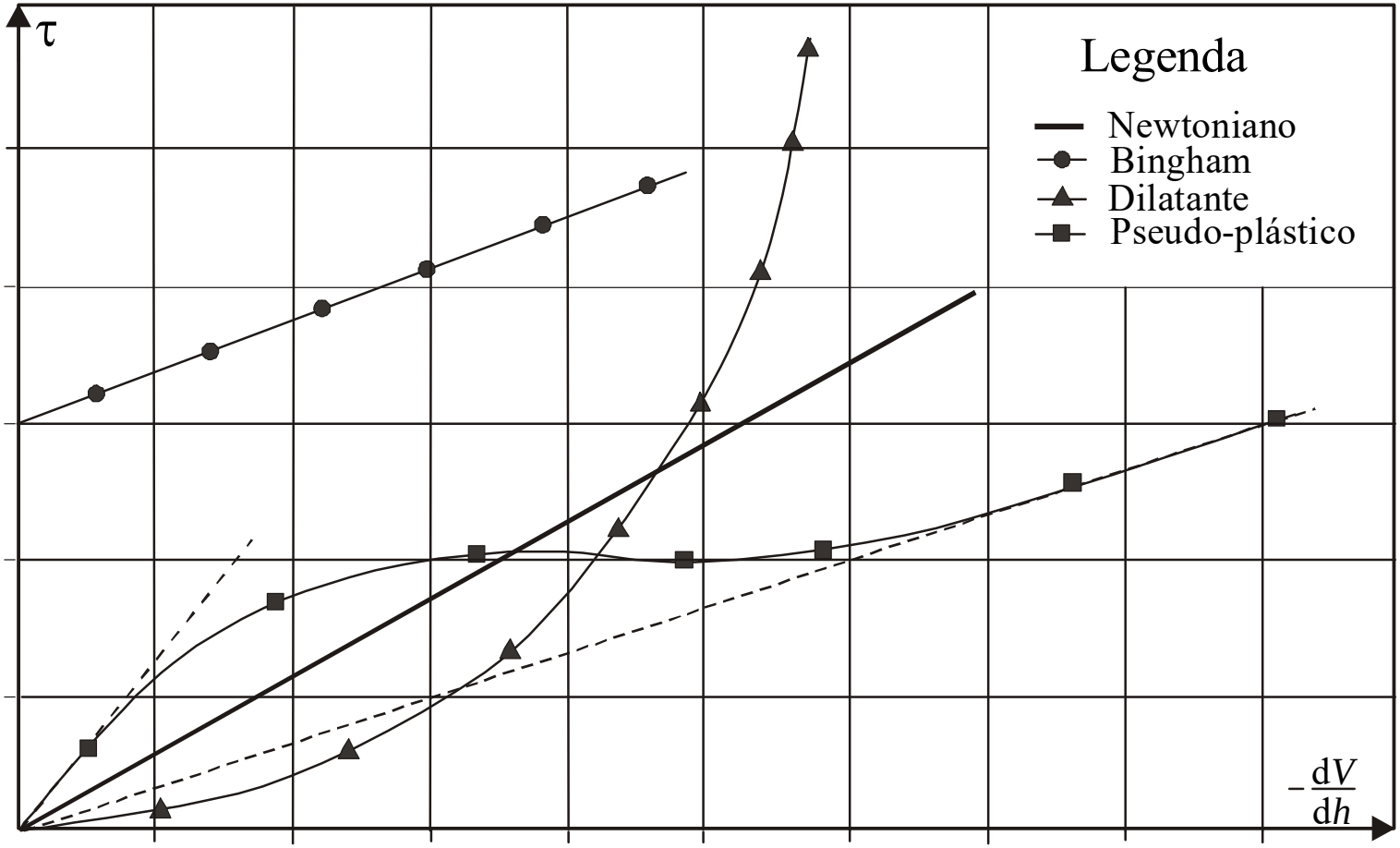
Tensão de cisalhamento entre camadas adjacentes de fluido



$$\tau \propto \frac{\Delta V}{\Delta h}$$

$$\tau = -\mu \frac{d\vec{V}}{dh}$$

Diagrama reológico



Unidades de viscosidade

$$\tau = -\mu \frac{d\vec{V}}{dh}$$

No S.I. – Sistema Internacional de Medidas

[V] = m/s [h] = m [τ] = N/m^2

portanto [μ] = N.s/m^2.

ou [μ] = kg/m.s

No CGS tem-se:

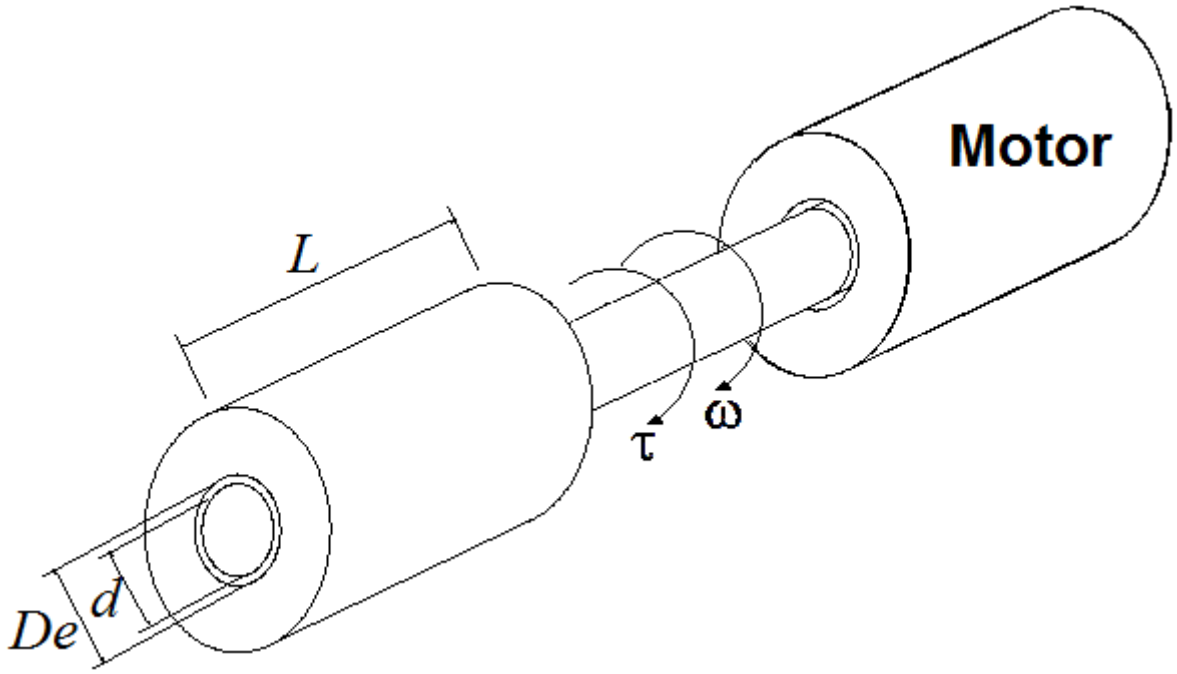
[μ] = g/cm.s ou poise

Mais usada é o centipoise

Medida da viscosidade

- O medidor padrão de viscosidade é constituído por dois cilindros concêntricos, com a substância cuja viscosidade deve ser medida colocada entre eles. É medido o torque para manter o cilindro interno com rotação constante em relação ao externo. A viscosidade é calculada em função do torque, da rotação e das dimensões dos cilindros.

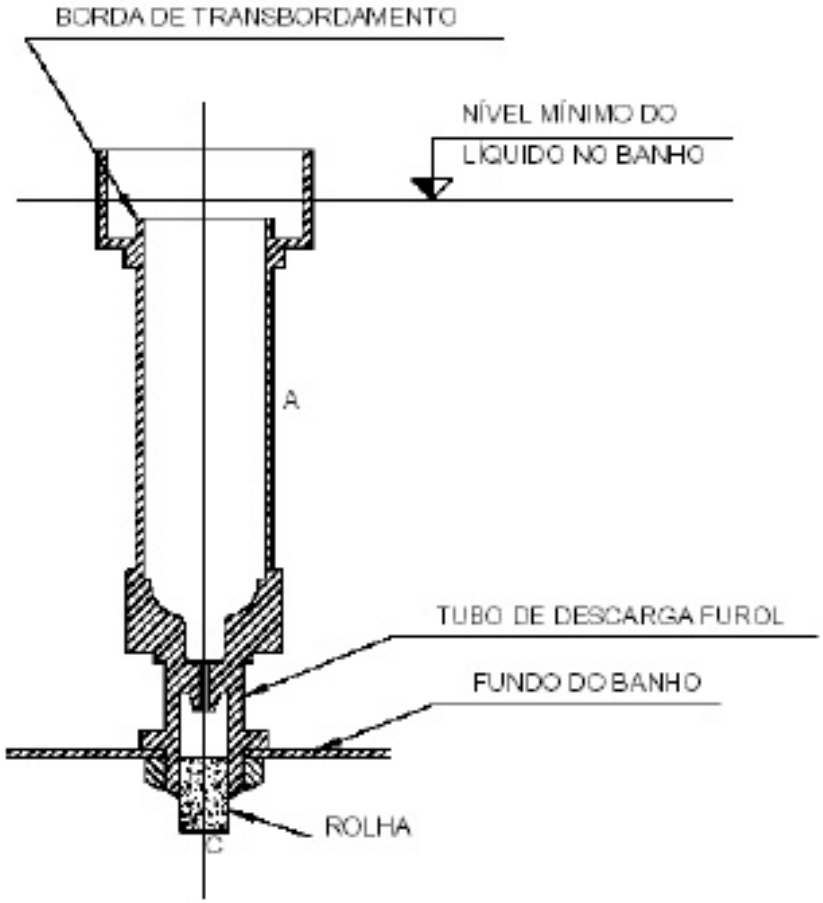
Exemplo



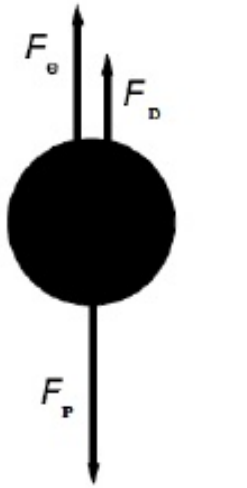
Se o motor mantem ω constante e fornece o torque τ, qual a viscosidade do fluido na folga entre os cilindros de comprimento L?

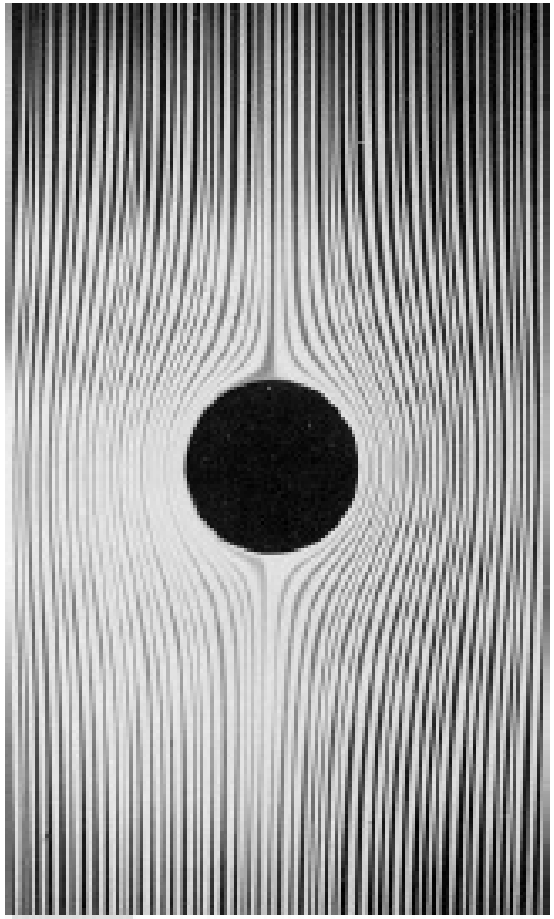
Outras formas de medir viscosidade

- Segundos Saybolt:
- Mede o tempo de escoamento da substância em um funil de forma definida.



Viscosimetro Hoepler





Geräte-Nr.: 6257

Das Gerät wurde einer Endkontrolle auf einwandfreie Funktion und Ausführung sowie Einhaltung der Fertigungsmaße unterzogen.

Angaben zu den Meßeinrichtungen

	Meßbehälter / Meßzylinder	Schubspannungsbereich I	Schubspannungsbereich II
Zylinder-Meßeinrichtung		z	z
		$\frac{dyn}{cm^2 \cdot Skt}$	$\frac{dyn}{cm^2 \cdot Skt}$
	N/N	3,06	31,5
	S/S1	5,61	56,0
	S/S2	5,92	60,0
	S/S3	7,58	79,6
	H/H	26,8	273,6

	Kegel		Schubspannungsbereich IV	Schubspannungsbereich II	Platten-zu-stellung
Kegel-Platte-Einrichtung			c	c	x
			$\frac{dyn}{cm^2 \cdot Skt}$	$\frac{dyn}{cm^2 \cdot Skt}$	mm
KP Nr.:	K1	ϕ 36mm			
	K2	ϕ 24 mm			
	K3	ϕ 12mm			

Auswertung der Messungen:

Meßgröße	Zylinder-Meßeinrichtung		Kegel-Platte-Einrichtung
Schubspannung	$\tau_r = z \cdot \alpha$		$\tau = c \cdot \alpha$
Schergefälle	D_r [s^{-1}]		D [s^{-1}]
	siehe Stufenspiegel		
Viskosität	$\eta = \frac{\tau_r}{D_r} \cdot 100$		$\eta = \frac{\tau}{D} \cdot 100$
Zylinderkonstante bzw. Kegelkonstante	$z \left[\frac{dyn}{cm^2 \cdot Skt}\right]$		$c \left[\frac{dyn}{cm^2 \cdot Skt}\right]$
Anzeige des Instrumentes	α [Skt]		
Fehlergrenze (bezogen auf Newtonsche Flüssigkeiten)	S1, S2, S3	3%	±4%
	N, H	±4%	im 1. Skalenviertel: ±1% vom Skalenendwert

Datum: 5.8.1985

Prüfer: Geiß

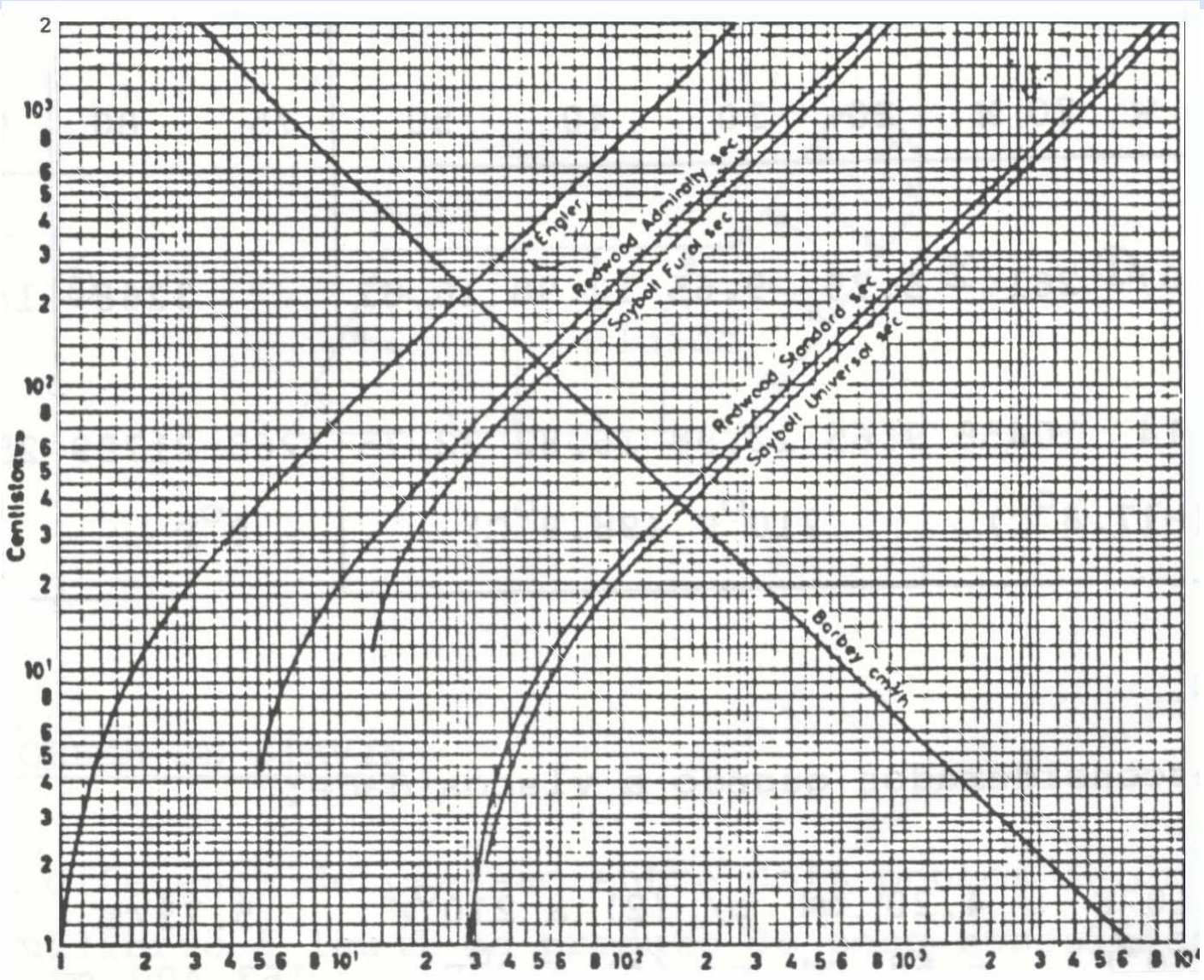
Kontrolle:

VEB MLW
PROFIENTE - VERB MEDINGEN
SITZ FREITAL

QUALITÄTSKONTROLLE
MEDINGEN

214 - 99303 BL 2

Stufenspiegel zum RHEOTEST 2 (Netzfrequenz 60 Hz)

Meß-system	Stufe			1a		2a		3a		4a		5a		6a		7a		8a		9a		10a		11a	12a
		1b	2b		3b		4b		5b		6b		7b		8b		9b		10b		11b		12b		
S1	D_r			3,600		6,480		10,80		19,44		32,40		58,3		97,20		175,0		291,6		524,9		875	1574
	$[s^{-1}]$	1,800	3,240		5,400		9,720		16,20		29,16		48,60		87,5		145,8		262,4		437,4		787		
N	f			27,78		15,43		9,26		5,14		3,086		1,715		1,029		0,572		0,3430		0,1905		0,1143	0,0635
		55,6	30,86		18,52		10,29		6,17		3,430		2,058		1,143		0,686		0,3810		0,2286		0,1270		
S2	D_r			1,200		2,160		3,600		6,480		10,80		19,44		32,40		58,3		97,20		175,0		291,6	525
	$[s^{-1}]$	0,600	1,080		1,800		3,240		5,400		9,72		16,20		29,16		48,60		87,5		145,8		262,4		
	f			83,3		46,30		27,78		15,43		9,26		5,14		3,086		1,715		1,029		0,572		0,3430	0,1905
		166,7	92,6		55,6		30,86		18,52		10,29		6,17		3,430		2,058		1,143		0,686		0,3810		
S3	D_r			0,400		0,720		1,200		2,160		3,600		6,480		10,80		19,44		32,40		58,3		97,2	175,0
	$[s^{-1}]$	0,200	0,360		0,600		1,080		1,800		3,240		5,400		9,72		16,20		29,16		48,60		87,5		
	f			250,0		138,9		83,3		46,30		27,78		15,43		9,26		5,14		3,086		1,715		1,029	0,572
		500,0	277,8		166,7		92,6		55,6		30,86		18,52		10,29		6,17		3,430		2,058		1,143		
H	D_r			0,400		0,720		1,200		2,160		3,600		6,480		10,80		19,44		32,40		58,3		97,2	175,0
	$[s^{-1}]$	0,200	0,360		0,600		1,080		1,800		3,240		5,400		9,72		16,20		29,16		48,60		87,5		
	f			250,0		138,9		83,3		46,30		27,78		15,43		9,26		5,14		3,086		1,715		1,029	0,572
		500,0	277,8		166,7		92,6		55,6		30,86		18,52		10,29		6,17		3,430		2,058		1,143		
K1	D			13,3		24		89,9		72		120		216		360		648		(1932)		1944		3240	583
K2	$[s^{-1}]$	667	12		20		36		60		108		180		324		540		972		1620		2916		
K3	f			7,52		4,167		2,506		1,389		0,833		0,463		0,278		0,154		0,0526		0,051		0,0309	0,0174
		15,00	8,33		5,00		2,778		1,667		0,926		0,555		0,309		0,185		0,103		0,0617				

Conversão de unidades de viscosidade