

Problemas de Escoamento em Tubos

B. P. SANGAL

Doutor em Ciências — Assistente Graduado de Pesquisas do Departamento de Engenharia Civil da "Queen's University", Kingston, Ontário, Canadá.

Traduzido e adaptado da revista "Water Power" volume 13, Número 11, de Novembro de 1961, pelo Engenheiro Coronel LEONINO JÚNIOR, Professor e Chefe do Laboratório de Hidráulica e de Mecânica dos Fluidos do Instituto Militar de Engenharia.

PREFÁCIO DO TRADUTOR

Tornar simples e práticas as tarefas de rotina, é ação altamente meritória nos domínios da engenharia, que valoriza e destaca a obra daqueles que a isso se dedicam, em prol de um maior rendimento dos trabalhos de cada dia, permitindo que um maior espaço de tempo possa ser consagrado a assuntos mais relevantes, em benefício do aprimoramento da técnica, que deve ser considerado de fundamental importância para aqueles que labutam em campos tão vastos quanto os da Hidráulica.

O trabalho ora publicado merece ser traduzido, pelo seu cunho de originalidade e pelo muito que facilitará, estamos certos, o encargo daqueles que se dedicam ao assunto.

— :: —

Os três casos simples que são usualmente encontrados na solução dos problemas de escoamento em condutos, são:

Dados:

1 — D, L, Q, ν, ϵ

2 — h_f, L, D, ν, ϵ

3 — h_f, L, Q, ν, ϵ

Determinar:

h_f

Q

D

Onde:

D = diâmetro do tubo

Q = descarga

h_f = perda de carga

ν = viscosidade cinemática

ϵ = rugosidade absoluta do tubo.

As variáveis L, ν e ϵ , são sempre conhecidas.

Para resolver êsses problemas, usualmente são empregadas:

— a equação de Dacy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2}$$

— a equação da continuidade:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot V$$

— e o diagrama de Moody.

É fato bem conhecido, que os casos envolvendo a determinação de Q e de D são pouco complicados e que adota-se um processo de tentativas por aproximação, até se chegar a uma solução razoavelmente precisa.

O método aqui sugerido evita o uso direto do diagrama de Moody. A solução para os três tipos de problemas acima enunciados pode ser facilmente achada.

De acôrdo com a equação de Darcy-Weisbach, temos:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

ou

$$2g \cdot \frac{h_f}{L} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot V^2$$

multiplicando ambos os membros por $\frac{\varepsilon^3}{\nu^2}$

temos:

$$\begin{aligned} 2g \cdot \frac{\varepsilon^3}{\nu^2} \cdot \frac{h_f}{L} &= f \left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^3 \cdot \frac{V^2 D^2}{\nu^2} = f \left(\frac{VD}{\nu} \cdot \frac{\varepsilon}{D} \right) \left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^3 \cdot \left(\frac{VD}{\nu} \right)^2 = \\ &= F \left(R, \frac{\varepsilon}{D} \right) \end{aligned}$$

Então, o grupo $2g \frac{\varepsilon^3}{\nu^2} \cdot \frac{h_f}{L}$ é uma função unicamente do número de Reynolds e da rugosidade relativa. Essa função foi locada em função do número de Reynolds para vários valores de $\frac{\varepsilon}{D}$, conforme se vê no gráfico anexo.

Os valores de f foram tirados do diagrama de Moody. Representou-se uma curva, separando o escoamento parcialmente turbulento do totalmente turbulento.

A solução para os três tipos de problemas pode então ser explicada assim:

1 — Determinar a perda de carga

Em função dos valores dados, calcular:

- O número de Reynolds.
- A relação $\frac{\varepsilon}{D}$.
- O termo $2g \frac{\varepsilon^3}{\nu^2}$

Correspondendo a êsses valores, achar $\frac{h_f}{L}$ e então h_f

2 — Determinar a descarga

Em função dos valores dados, calcular:

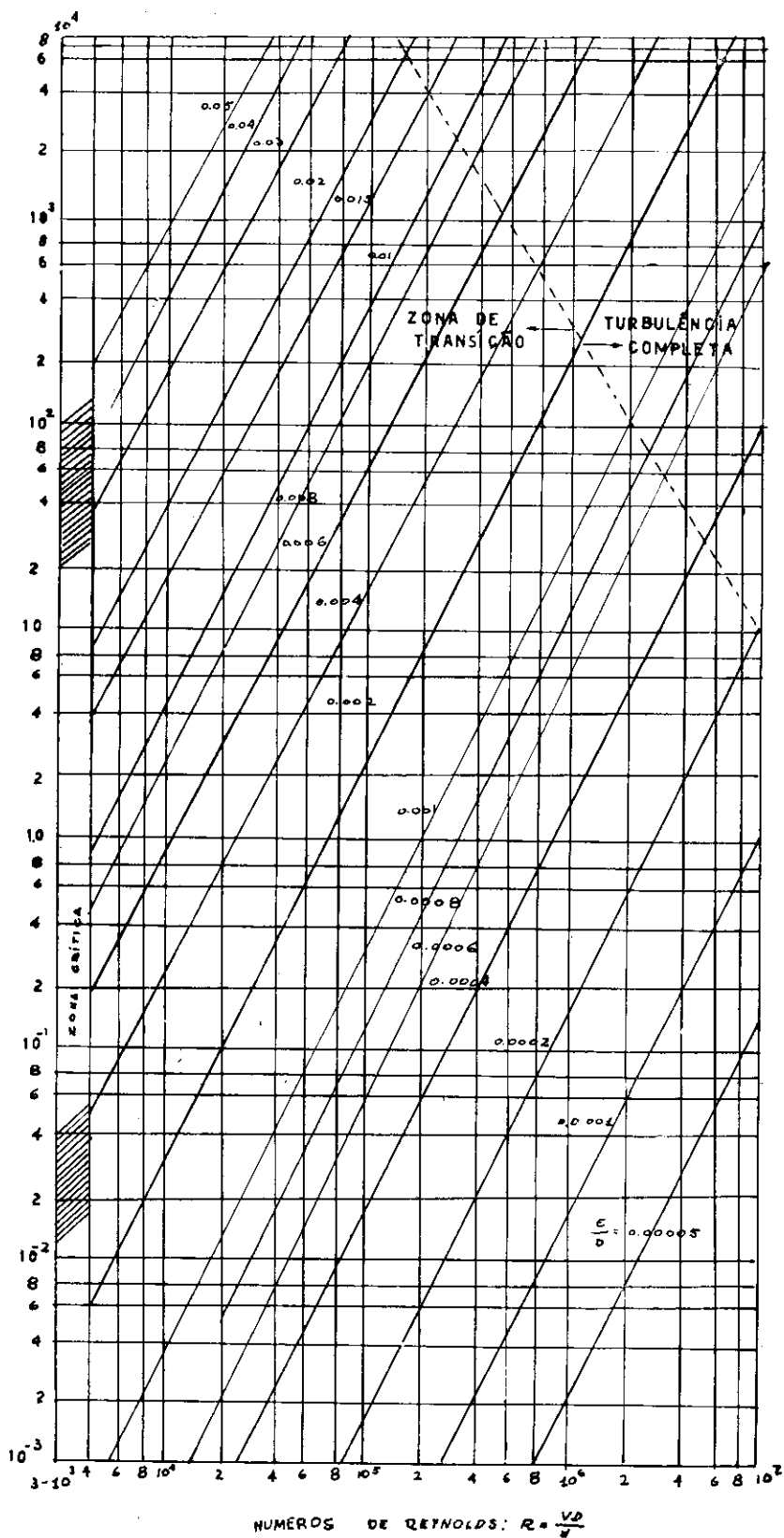
- O termo $2g \frac{\varepsilon^3}{\nu^2} \cdot \frac{h_f}{L}$
- A relação $\frac{\varepsilon}{D}$

Em correspondência com êsses valores, achar o número de Reynolds e, portanto, V .

Aplicar a equação da continuidade para achar a descarga.

3 — Determinar o diâmetro de tubo

- Calcular o termo $2g \frac{\varepsilon^3}{\nu^2} \cdot \frac{h_f}{L}$
- Considerar um valor aproximado de D .
- Achar $\frac{\varepsilon}{D}$ e o número de Reynolds.
- Aplicar o método das tentativas para fazer com que os valores concordem.



QUADRO DOS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA QUE ABASTECEM A CIDADE DE S. PAULO

(organizado pelo Eng. Francisco A. Santiago)

RESERVATÓRIOS	CAPACIDADE m ³	COTA DO NÍVEL D'ÁGUA m	COTA DO FUNDO m	LÂMINA D'ÁGUA m	LOCALIZAÇÃO
VILA MARIA	12.000	772,000	768,000	4,00	R. Prainha, 47 - Fone 92-2425
MIRANTE - SANT'ANA	16.000	768,000	764,000	4,00	R. Dr. Zuquim x Cons. Saraiva, 519 Fone 31-8283
CONSOLAÇÃO (Novo)	42.000	790,970	783,200	7,77	R. Consolação, 1161 - A. de Queiroz Fones 35-3803 - 34-8111 - Ramal 91
CASA VERDE (Novo)	12.000	772,500	767,500	5,00	R. Anita x Dulcelina
IPIRANGA	5.000	793,000	788,000	5,00	R. Gama Lobo, 1580 - A Marcondes Fone 63-3523
AVENIDA (Novo)	6.500	817,750	813,750	4,00	Praça Amadeu Amaral, 14 - Fones 31-4507 - 34-8111 - Ramal 77
VILA AMÉRICA	26.000	811,500	805,000	6,50	Al. Santos, 1.979 - Fones 31-4504 e 34-8111 - Ramal 90
VILA ROMANA	7.500	798,000	792,000	6,00	R. Sepetiba x R. Aurelia - Fone 34-8111 - Ramal 96 (Paralelo)
JABAQUARA	18.000	812,000	806,000	6,00	Av. Ceci, 2114 x Al. Guaios
ARAÇÁ	6.000	828,700	824,000	4,00	Av. Dr. Arnaldo, 2392 x Av. A. Bovero Fones 62-8445 - 34-8111 - Ramal 98-99
SACOMAN	12.000	765,000	760,000	5,00	Estr. do Curral Pequeno - Próximo à Torre da Rádio Bandeirantes
VILA ALPINA	12.000	791,179	787,179	4,00	R. Paramú S/N.º - Fone 63-4029
FREGUESIA DO Ó (Novo)	8.200	775,000	770,000	5,00	Av. Itaberaba x Chico de Paula
VILA MEDEIROS	7.200	811,500	806,500	5,00	R. André Fonseca x R. 13
VILA DO ENCONTRO	11.000	820,000	816,000	4,00	Av. Conceição x R. dos Rubis
VILA NOVA CACHOEIRINHA	15.000	797,950	792,950	5,00	R. da Divisa x Estrada do Bispo
VILA JAGUÁRA	13.000				
VILA SONIA	13.500				
CENTRO INDUSTRIAL JAGUARÉ	15.000				

RESERVATÓRIOS DE CONCRETO PROTENDIDO

OSASCO	5.000	786,147	777,497	9,00	Avenida 3 S/N.º
CHÁCARA FLORA	5.000	814,000	805,000	9,00	R. Junqueira S/N.º Próx. Esq. Fradique Mello - Fone 61-3037
VILA MASCOTE	5.000	800,477	791,827	9,00	Rua Palestina
ARTUR ALVIM	5.000	823,000	814,000	9,00	Rua 22 x 9
VILA FORMOSA	5.000	827,747	819,034	9,00	Estrada Sítio Casa Nova x Avenida Antonio Buono
SÃO MIGUEL	5.000	795,000	786,000	9,00	R. 20 - Cont. da R. Diogo Cajado Fone 285 (Interurbano)
VILA SANTA IZABEL	5.000	796,997	788,487	9,00	Rua Guilherme Giorgi x Rua Arace
SOBRAS - ALTO DA BOA VISTA	10.000	768,000	757,000	11,00	Av. A. Pinheiro x A. Brasiliense
				(Atualmente 7,50)	

RESERVATÓRIOS ANTIGOS

MOÓCA	72.000	795,000	789,000	7,00	Av. Paes Barros S/N.º Fone 34-8111 Ramal 84
PENHA	16.000	783,000	779,000	4,00	Rua Chamaná S/N.º
SANT'ANA	16.000	801,000	797,000	4,00	R. Voluntários da Pátria, 3401 - Fone 3-8393
VILA DEODORO	8.000	787,000	783,000	4,00	Rua Basilio da Cunha, 428 - Fone 34-8111 - Ramal 81
CONSOLAÇÃO (Antigo)	19.000	790,970			Rua Antonia de Queiroz
VILA MARIANA	5.000	812,000	808,000	4,00	Rua Vergueiro, 2713 - Fone 70-2166 e 34-8111 - Ramal 94
ARAÇÁ (Antigo)	6.000	828,700			Av. Dr. Arnaldo, 2392 x A. Bovero Fone 62-8445 e 34-8111 - Ramal 89-99
LAPA	26.000	776,000	770,500	5,50	R. Aurelia, 1125 - Fone 34-8111 - Ramal 96 (Paralelo)
ÁGUA BRANCA	5.000	798,000	794,000	4,00	Av. Prof. Afonso Bovero, 1044 - Fone 62-4500 e 34-8111 - R. 96 (Paralelo)
FREGUESIA DO Ó	330	766,000	763,000	3,00	Av. Itaberaba x R. Chico Pontes