

Outro Ábaco para Cálculo de Encanamentos

Eng.º J. M. de Toledo Malta

O Eng.º J. M. de Toledo Malta, ao despedir-se do Escritório Técnico da Repartição de Águas e Esgotos de S. Paulo, por motivo de sua recente aposentadoria do serviço público, houve por bem oferecer à Direção do Boletim «R. A. E.» este precioso trabalho inédito. Publicando-o, vimos prestar inestimável serviço aos cultores da Hidráulica e à numerosa classe de estudantes de Engenharia. Cumpre-nos, pois, exarar justa e respeitosa homenagem ao emérito autor, dos mais prestantes colaboradores do Boletim, de par com nossos agradecimentos efusivos.

Introdução

Entre os inumeráveis ábacos construídos para cálculos de encanamentos, um existe, em uso há muitos anos na Repartição de Águas e Esgotos de S. Paulo, o qual, pelo menos neste Estado, parece ter merecido geral preferência dos engenheiros que projetam abastecimentos de águas. É o do professor Lino Leal de Sá Pereira, na sua forma primitiva, tal como foi construído ao tempo em que esse eminente engenheiro exerceu, nessa mesma Repartição, o cargo de Chefe do Escritório Técnico.

Parece que a razão dessa preferência consiste no tipo do ábaco e no seu modo de emprego, tão fácil e cômodo que qualquer operação pode ser feita unicamente com a mão esquerda, enquanto a direita vai registrando os resultados. Além disso, as declividades não precisam ser calculadas, operando-se diretamente com a perda de carga e a extensão do tubo.

A fórmula em que se baseia o ábaco usado na Repartição de Águas de S. Paulo, não foi mais encontrada nos seus arquivos. É verdade que, alguns anos depois de haver deixado o seu cargo em S. Paulo, o professor Sá Pereira publicou, na "Revista Brasileira de Engenharia" da Capital Federal, um artigo em que estabeleceu a sua fórmula e apresentou nova edição do ábaco, do mesmo tipo do primitivo, disposto, porém, de forma um tanto diferente. Os resultados dos cálculos feitos segundo as duas edições não concordam sempre, demonstrando, por isso, que a fórmula primitiva também foi alterada.

Mas o número da "Revista Brasileira de Engenharia", em que safu aquele artigo sobre o segundo ábaco, é raro, de difícil aquisição, sinão totalmente esgotado, o que tem impedido a generalização do seu emprego.

Acontece, portanto, que o ábaco Sá Pereira geralmente empregado em S. Paulo é unicamente o primitivo, existente na Repartição de Águas, cuja fórmula básica se perdeu. É uma falha da qual o illustre autor do ábaco não tem a mínima responsabilidade, mas que não deixa de ser desagradavel para o engenheiro que calcula e que desejaria exhibir a fórmula de sua preferência.

Eis porque pareceu-me conveniente construir outro ábaco do mesmo excelente tipo ideado pelo professor Sá Pereira, porém baseado em fórmula conhecida e já consagrada pelo uso. Em sua construção introduzi certas modificações que o completam e aperfeiçoam do ponto de vista da nomografia e, também, da hidraulica. Acrescentei-lhe curvas da velocidade, com indicação da velocidade máxima recomendada para cada diametro e, por certo processo de anamorfose, dispuz as linhas cotadas dos diametros, vasões, distancias e perdas de carga em sistemas retilineos. Este ábaco faculta a leitura, por interpolação a olho, para valores intermediarios de todas as variaveis.

Escolha da Fórmula

A questão da fórmula a empregar nos cálculos de redes e adutoras de aguas é dessas que nunca se liquidam. As fórmulas são inúmeras, velhas, novas e novissimas. Nenhuma se impõe como definitiva porque todas elas são mais ou menos empíricas, de modo que as preferências são de difícil justificação e obedecem tanto aos motivos e às considerações de ordem técnica quanto aos sentimentos nacionais, regionais e até pessoais. Na realidade pode contar-se que as fórmulas recomendadas nos diversos tratados de Hidraulica Aplicada se equivalem e dão resultados satisfatorios nas condições dos paizes onde o uso de cada uma se acha estabelecido e inveterado. A respeito de assunto tão debatido não é necessario acrescentar nada ao que já está dito nesses tratados. Apenas um ponto deve ser lembrado no momento. É o seguinte:

Ha fórmulas que pretendem ser exatas e outras que são apenas práticas. As primeiras procuram incluir as variaveis que caracterizam o fenomeno e são, em geral, complicadissimas. Resultam de pesquisas científicas de laboratorios, são de grande interesse para a comprovação da teoria, porém não servem absolutamente para a aplicação prática no caso de encanamentos de distribuição de água. Neste caso, entra em consideração a alteração do tubo pelas inevitaveis inscrustações e corrosões decorrentes do uso, factor de capital importancia na prática e que as experiencias de laboratorio não podem levar em conta. As fórmulas práticas servem justamente para este caso. Não pretendem determinar a vasão de um tubo perfeitamente definido em todas as

características hidráulicas, sinão apenas prever com suficiente aproximação qual a vasão esperada, nas condições correntes, de dado tubo de tipo comercial, depois de certo tempo de serviço contínuo, geralmente quinze a vinte anos. Daí, é facil compreender o caracter empírico da questão e tambem, necessariamente, da fórmula que a traduz. Donde a variedade de traduções, consequencia natural da incerteza relativa da solução.

Entre todas as fórmulas recomendadas, escolhi a de M. Levy, não em sua fórmula original, mas segundo a "equivalente" de H. Vallot. A escolha foi determinada pelas seguintes razões:

Em primeiro lugar, porque era preciso escolher uma entre a duzia e tanto de fórmulas práticas bem aceitas. Em segundo, porque esta fórmula, de uso corrente na França e paizes latinos, já é de longa data conhecida e frequentemente empregada no Brasil. Em terceiro, porque de medições directas da vasão da linha do Cotia, conduto forçado, $D=0,70$, com cerca de vinte anos de serviço, verificou-se que a fórmula de Levy-Vallot é a que dá resultado mais proximo do observado. E, enfim, porque essa fórmula permite a construção de um ábaco do tipo já escolhido.

Para os diametros pequenos, a fórmula de Levy-Vallot fornece vasões menores do que o ábaco Sá Pereira, com a mesma declividade. Para os grandes diametros, os resultados tendem a concordar. Penso que tais divergencias, nas condições atuais do abastecimento de S. Paulo, podem ser interpretadas a favor da preferência pela fórmula de Levy-Vallot. De fato, ao tempo em que foi construido o ábaco Sá Pereira, as aguas distribuidas em S. Paulo eram de cabeceiras protegidas, sem tratamento algum, águas de ínfimo grau de dureza. Havia então a crença, firmada na observação de muitos anos, de que tais aguas não provocavam incrustações apreciaveis nos encanamentos. Hoje, as condições mudaram completamente quanto a esse ponto. Excluidas as aduzidas da Cantareira e Cabuçu, apenas cloradas, as demais águas distribuidas são tratadas e, embora o seu indice de acidez seja corrigido ($pH > 8,2$), ainda é fato já bem verificado, e até notorio, que as incrustações dos encanamentos se manifestam, tanto na rede como nas instalações domiciliarias, muitas vezes em grau altamente nocivo ao bom funcionamento da distribuição. Ora é de ver que as incrustações reduzem as vasões nos tubos de pequeno diametro comparativamente mais do que nos de grande diametro. E é isso, justamente, o que a fórmula de Levy-Vallot, comparada com o ábaco Sá Pereira, parece traduzir de modo mais concorde com as condições atuais.

Para se ter uma ideia mais precisa quanto à concordancia das fórmulas práticas mais empregadas, pode-se consultar o resumido quadro abaixo, no qual se encontram valores de $\frac{U}{\sqrt{J}}$ calculados para diversos diametros pelas fórmulas de Kutter, Levy e Darcy. Como se sabe, esta última é válida para diametros de 50 cm. ou menos, podendo-se aplicar, contudo, para maiores diametros, empregando-se o coeficiente para tubos novos.

Valores de $\frac{U}{\sqrt{J}}$

Diámetros em cm	KUTTFR		M. LEVY		DARCY	
	apud Forch- heimer	apud Bonnet	original	H. Vallot	tubos novos	tubos velhos
9	4.5	5.6	5.6	5.2	—	5.9
25	10.4	12.5	10.4	10.2	—	10.6
49	17.5	20.4	16.0	16.0	21.4	15.2
81	25.3	28.9	22.3	22.3	27.9	—
121	33.7	37.8	29.2	29.2	34.2	—

Construção do Ábaco

A fórmula de Levy-Vallot é a seguinte

$$D = 0.324 \left(\frac{Q}{\sqrt{J}} \right)^{3/8}$$

sendo D medido em metros e Q a vasão em metros cúbicos por segundo. Querendo-se D em centímetros e Q em litros, por segundo, a mesma fórmula deverá ser escrita como segue:

$$Q = 0.094 D^{8/3} \sqrt{J} \quad (1)$$

Donde se deduz a velocidade U , em metros por segundo:

$$U = 1.19 D^{1/3} \sqrt{J} \quad (2)$$

Chamando-se h à perda de carga e l à extensão do tubo, ambas em metros, temos também:

$$h = J l \quad (3)$$

As equações supra, (1), (2) e (3), são representadas pelo ábaco.

Este ábaco é composto, na realidade, de dois nomogramas superpostos. Um representa a equação (3), outro as equações (1) e (2). O feixe de retas (J) é comum a ambos e não se desenha, sendo substituído pelo índice movel, fixo na origem. Este fio pode ser um fio de linha distendido ou, melhor, uma regua transparente, de celuloide, por exemplo, sobre a qual se ache gravado um traço retilíneo.

As equações propostas são todas do tipo $f_1 f_2 + f_3 = 0$. Esta equação pode ser posta em forma de determinante da seguinte maneira

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & \frac{-c}{f_1+a} \\ -af_2 & -\frac{1}{k} & cf_2 \\ f_3 & \frac{1}{k} & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$a, c, k,$ são constantes arbitrárias, das quais se pode dispôr para dar ao ábaco fôrma e dimensões convenientes. As equações das retas cotadas serão:

$$z_1 \dots \dots x = \frac{c}{f_1+a}$$

$$z_2 \dots \dots y = kaf_2 \left(\frac{c}{a} - x \right)$$

$$z_3 \dots \dots y = ktf_3x$$

Vê-se que as retas z_1 são paralelas a $0y$. As z_2 fôrman um feixe convergente no ponto $\left(y = 0, x = \frac{c}{a} \right)$.

As z_3 (J) fôrman o feixe convergente na origem. Pode-se transportar para o infinito o centro de convergencia das z_2 que se tornarão, assim, paralelas a $0x$. Bastará para tanto fazer $a = 0$, donde será $y = kcf_2$.

Equação 1. Para se dar ás linhas Q uma disposição mais conveniente, é preferivel escrever essa equação do seguinte modo:

$$\frac{1}{\sqrt{0.094} D^{1/3}} \sqrt{Q} - \sqrt[4]{J} = 0$$

Ponha-se:

$$f_1 = \frac{1}{\sqrt{0.094} D^{1/3}}$$

$$f_2 = \sqrt{Q}$$

$$f_3 = -J^{1/4}$$

$$\frac{c}{a} = 350 \text{ mm} \quad \frac{1}{a} = 35 \quad k = 2.5$$

ABACO PARA O
CALCULO DE ENCANAMENTOS
 PELA FORMULA DE LEY-VALLOT

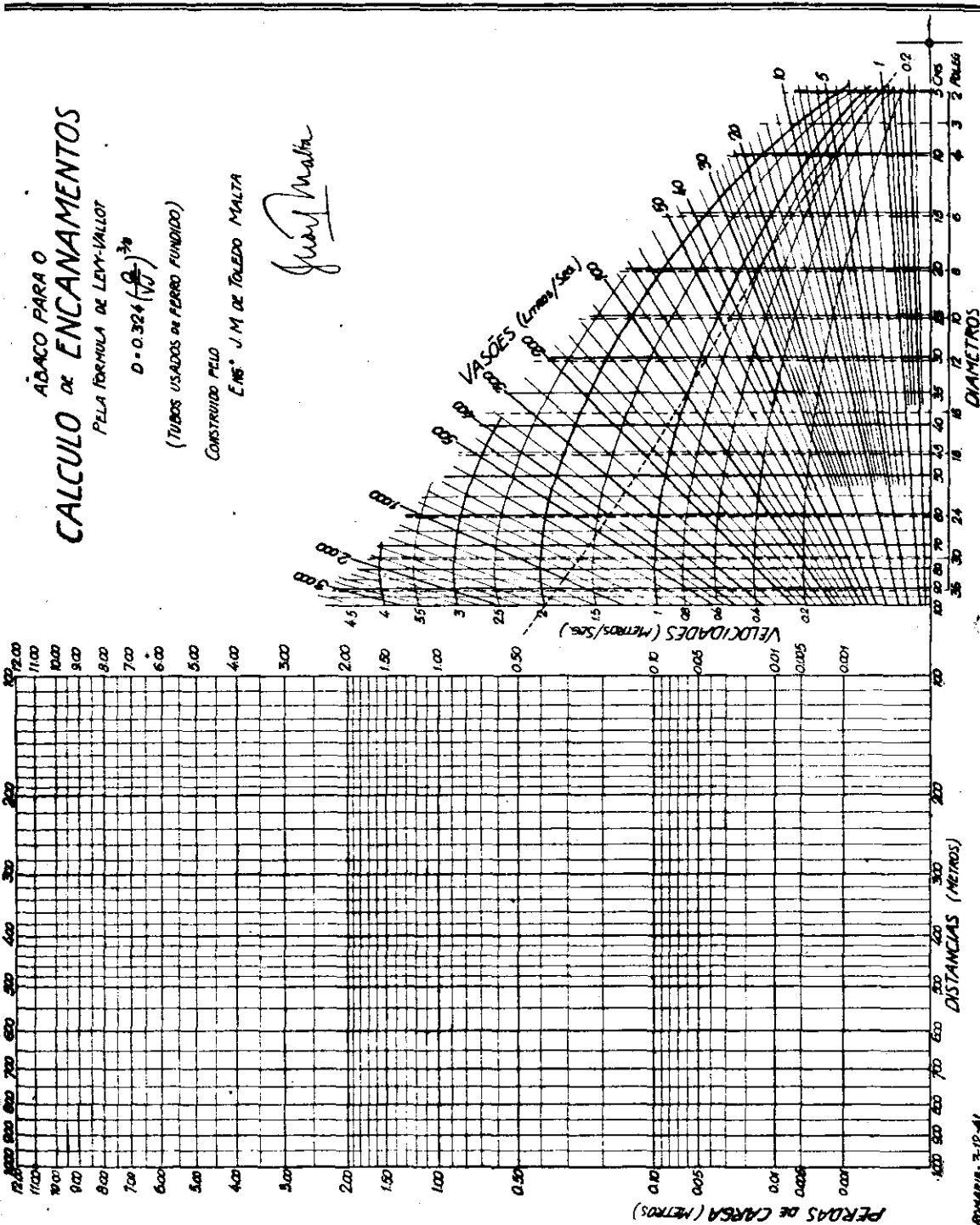
$$D = 0.324 \left(\frac{Q}{V} \right)^{3/4}$$

(TUBOS USADOS DE FERRO FUNDIDO)

CONSTRUIDO PELO

ENR. J. M. DE TOLEDO MALTA

Juan Malta



ARMARIS-3-12-41

N. da R. — A Direção do Boletim «R. A. E.», satisfazendo plenamente aos leitores interessados, oferece-lhes, além da ilustração supra, um exemplar avulso do «Abaco Toledo Malta», com dimensões de 31,5 cm X 26 cm, para uso corrente nos escritórios técnicos. As cópias dessa redução do original podem ser obtidas prontamente na Redação. — As reproduções do abaco original construído pelo Autor dependem de aviso prévio para serem providenciadas.

Teremos :

$$D \dots x = \frac{350 \sqrt{0.094} D^{1/3}}{\sqrt{0.094} D^{1/3} + 35}$$

$$Q \dots y = \frac{2.5}{35} \sqrt{Q} (350 - x)$$

$$J \dots y = 2.5 J^{\frac{1}{2}} x$$

Equação 2. Eliminando-se D e J entre a equação (2) e as D e J supra, obtém-se a equação seguinte das curvas U :

$$U \dots 4.12y^4 = U^2 x^3 (350 - x)$$

Equação 3. Deve ser escrita da fôrma seguinte, para se obter a concordancia dos dois nomogramas superpostos:

$$l^{-\frac{1}{2}} h^{\frac{1}{2}} - J^{\frac{1}{2}} = 0$$

$$f_1 = l^{-\frac{1}{2}} \quad f_2 = h^{\frac{1}{2}} \quad f_3 = -J^{\frac{1}{2}}$$

$$k = 2.5 \quad a = 0 \quad c = 100 \text{ mm}$$

Donde

$$l \dots x = 100 l^{\frac{1}{2}}$$

$$h \dots y = 250 h^{\frac{1}{2}}$$

$$J \dots y = 2.5 J^{\frac{1}{2}} x$$

Com os elementos acima foi desenhado o ábaco original, do qual a figura anterior é uma simples redução.

Modo de usar

A maneira de operar com o ábaco é evidente. Seja, por exemp'lo, o problema usual que se apresenta nos cálculos de redes. A vazão Q , a extensão l e a perda de carga h são dadas. O diametro D e a velocidade U são as incognitas. 1.º Procura-se na rede de perdas de carga e distâncias o ponto correspondente aos valores de h e l . No caso desses valores caírem aquém ou além dos limites do ábaco, bastará multiplicá-los ou dividí-los, ambos, mentalmente, por dez ou potencia de dez. 2.º Faz-se passar o índice movel pelo ponto achado. 3.º Sobre a intersecção do índice com a linha Q , lêem-se os valores procurados do diametro e da velocidade. 4.º Verifica-se pela posição dessa intersecção (si abaixo ou si acima da curva pontilhada) si a velocidade achada é ou não inferior à máxima ($U_{\text{máx}} = 0.50 + 0.015 D$) recomendada para o diametro calculado.

Outros problemas serão resolvidos analogamente.