

## Formulação Unificada para Cálculo da Resistência ao Escoamento em Canais e em Tubos Pressurizados Lisos

Maurício Costa Goldfarb, Tarciso Cabral da Silva

Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa, PB

tarcisocabral@yahoo.com.br

Recebido: 07/12/05 – revisado: 15/03/06 – aceito: 13/11/06

---

### RESUMO

A partir de estudos experimentais e de análise da representação do efeito de forma do canal no escoamento uniforme livre, Kazemipour e Apelt (1980) desenvolveram um procedimento para cálculo do escoamento uniforme em canais circulares lisos, denominado método de Kazemipour. Este método, dependente de procedimentos gráficos, possibilita, através da adequação do fator de atrito para tubos lisos pressurizados, o cálculo do escoamento uniforme em canais circulares lisos. Posteriormente Goldfarb e Silva (2003), através de um procedimento numérico, tornaram este método exequível através de uma formulação algébrica. O método de Goldfarb e Silva (2003) foi confrontado por estes autores com a equação de Manning para o cálculo do escoamento em canais circulares lisos, e a superioridade deste novo método foi demonstrada. Neste trabalho faz-se uma avaliação do parâmetro de forma utilizado, de maneira a facilitar a aplicação do novo método, modificado para torná-lo implícito, no cálculo do escoamento em canais circulares lisos. Apresenta-se também a validação analítica do método de Kazemipour. As formulações obtidas quando também comparadas com a equação de Manning, apresentaram-se superiores. Propõe-se ainda a possibilidade de unificação dos procedimentos para cálculo do fator de atrito nas fases pressurizada e livre.

**Palavras-chave:** fator de atrito, canais circulares lisos, tubos lisos.

---

### INTRODUÇÃO

A busca por melhores equações para o cálculo do escoamento em canais foi intensificada principalmente a partir dos anos 30 do século XX, com base na teoria da camada limite e dedução das equações de resistência hidráulica para escoamento em tubos por von Karman e Prandtl. Assim, Keulegan (1938) foi um dos pioneiros a utilizar estas equações visando obter fórmulas para o cálculo de vazão em canais similares às utilizadas para o escoamento em tubos. Em seguida diversos pesquisadores trabalharam perseguindo este objetivo (Silva, 1992). Neste sentido, Kazemipour (1979) e Kazemipour e Apelt (1980) desenvolveram uma metodologia bastante eficiente para o cálculo do escoamento em canais abertos a partir das equações para tubulações pressurizadas, denominada “método de Kazemipour”. Neste método, o fator de atrito para canais é obtido através da multiplicação do fator de atrito para tubulações pressurizadas, empregando-se a formulação universal de perdas de carga, por um parâmetro adimensional denominado fator de forma.

O fator de forma, por sua vez, é obtido através da combinação de dois parâmetros distintos, ditos primeiro e segundo parâmetros de forma. O primeiro parâmetro de forma utilizado pode ser calculado através de uma relação analítica de grandezas da geometria do escoamento. O segundo parâmetro do método de Kazemipour, obtido dos valores experimentais do escoamento, é fornecido na metodologia original apenas de forma gráfica.

A consideração do fator de forma, na verdade, busca a introdução dos efeitos das correntes de circulação e da distribuição não uniforme da tensão de cisalhamento ao longo da fronteira do escoamento à superfície livre, na formulação baseada na teoria da turbulência, para tubos circulares sob pressão. Evidentemente, no escoamento em tubos circulares à seção plena, estes fenômenos não comparecem (Silva, 1992).

Objetivou-se neste trabalho mostrar a simplificação e o desempenho da metodologia apresentada por Goldfarb e Silva (2003), para cálculo do escoamento em canais circulares lisos. Também é proposto um procedimento unificado possível para cálculo do escoamento em tubos lisos à superfície livre e pressurizados. Esta unificação seria relevante

na engenharia hidráulica tendo em vista a viabilidade de utilização de modelos de cálculo de escoamento livre e/ou pressurizado com um só equacionamento.

## O MÉTODO DE KAZEMIPOUR

O método de Kazemipour, desenvolvido por Kazemipour e Apelt (1980), permite o cálculo do escoamento turbulento uniforme em canais circulares lisos a partir das equações de perda de carga para tubos pressurizados. Para tanto, o fator de atrito das equações para tubos pressurizados é substituído pelo fator de atrito para canais abertos, calculado conforme a equação abaixo,

$$f_c = \psi f \quad (1)$$

onde,  $f_c$  é o fator de atrito para canais abertos,  $\psi$  é o parâmetro dito de forma do método de Kazemipour e  $f$  é o fator de atrito para tubos pressurizados.

O parâmetro de forma  $\psi$  do método de Kazemipour é calculado através da razão entre dois outros parâmetros denominados primeiro e segundo parâmetros de forma do método de Kazemipour. No caso de escoamento de tubos à seção plena, ter-se-ia  $\psi$  igual à unidade.

O primeiro parâmetro adimensional utilizado no método de Kazemipour, para o cálculo do escoamento turbulento uniforme em canais circulares, é calculado através da equação seguinte.

$$\psi_1 = (P/D)^{1/2} \quad (2)$$

onde,  $P$  é o perímetro molhado da seção transversal do escoamento, e  $D$  o diâmetro interno do canal. A Figura 1 sintetiza a simbologia das grandezas utilizadas neste trabalho, enquanto a profundidade efetiva do escoamento  $y_D$  pode ser obtida através da razão entre a área molhada  $A$  e o diâmetro interno  $D$ , nela apresentado.

O segundo parâmetro do método de Kazemipour,  $\psi_2$ , é uma função do diâmetro interno do canal,  $D$ , e da profundidade efetiva do escoamento,  $y_D$ , que representam a forma da geometria característica da seção transversal. O segundo parâmetro foi escolhido de forma que a combinação desses dois parâmetros  $\psi_1$  e  $\psi_2$  possibilitasse o ajuste dos valores do fator de atrito para canais abertos, tornando-os iguais aos valores dos fatores de atrito para tubula-

ções pressurizadas, para um mesmo número de Reynolds.

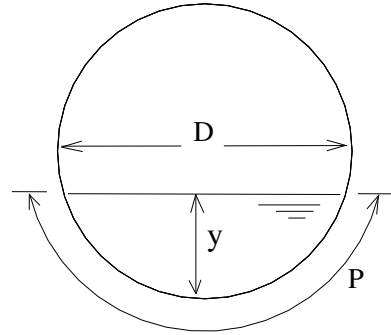


Figura 1 - Grandezas geométricas utilizadas.

Os valores de  $\psi_2$  assim obtidos foram plotados versus o valor da relação  $D/y_D$ . Dessa maneira, a curva que representa o melhor ajuste dos pontos foi traçada por Kazemipour e Apelt (1980), conforme apresenta a figura 2. A partir desta figura, o segundo parâmetro pode ser obtido entrando-se com o parâmetro geométrico  $D/y_D$  na curva apresentada.

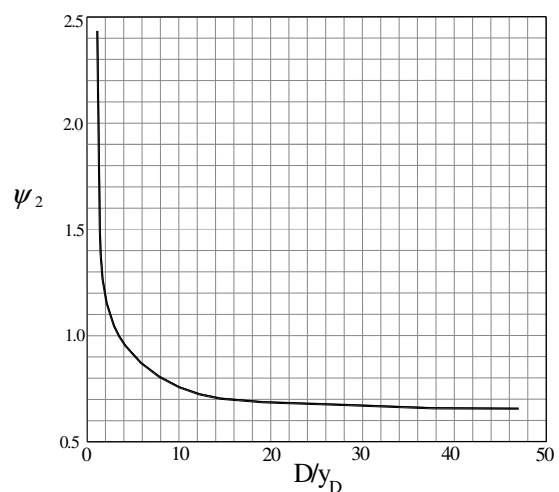


Figura 2 - Curva do segundo parâmetro de forma do método de Kazemipour (Kazemipour e Apelt, 1980).

Uma vez obtidos os dois parâmetros de forma, a razão entre essas grandezas fornece o parâmetro,  $\psi$ , que representa a geometria da seção transversal do escoamento. A equação seguinte apresenta a expressão para cálculo deste parâmetro,

$$\psi = \psi_1 / \psi_2 \quad (3)$$

onde  $\psi$  é o parâmetro adimensional de forma do método de Kazemipour.

## DETERMINAÇÃO NUMÉRICA DO SEGUNDO PARÂMETRO DE KAZEMIPOUR

Buscando comparar a metodologia desenvolvida por Apelt e Kazemipour (1980) com outros procedimentos utilizados para o cálculo do escoamento em canais circulares lisos, Goldfarb (2002) obteve uma solução numérica para o segundo parâmetro do método de Kazemipour,  $\psi_2$ . A equação (4) seguinte, desenvolvida a partir da técnica de variáveis polinomiais transformadas de acordo com a metodologia desenvolvida por Silva e Figueiredo (1993), pode substituir a curva apresentada na figura 2, e nesse caso, torna possível a aplicação do método de Kazemipour sem a necessidade de recursos gráficos

$$\psi_2 = 1,864 \exp\{0,084[\ln(D/y_D)^2] - 0,589[\ln(D/y_D)]\} \quad (4)$$

onde,  $\psi_2$ , é o segundo parâmetro do método de Kazemipour, D o diâmetro interno do canal, e  $y_D$  é a altura calculada pela divisão entre a área molhada da seção do escoamento e o diâmetro interno D.

## VALIDAÇÃO ANALÍTICA DO MÉTODO DE KAZEMIPOUR

A partir das equações para cálculo da resistência ao escoamento uniforme em canais livres, e associando os efeitos de forma à distribuição não uniforme da tensão de cisalhamento no perímetro molhado, Silva (1992), desenvolveu uma metodologia para determinação analítica do parâmetro de forma, denominado  $\psi_r$ . Considerando as curvas da distribuição da tensão de cisalhamento ao longo do perímetro molhado a formulação para este parâmetro pode ser apresentada como

$$\psi_r = \frac{1}{P} \int_0^P \frac{\tau(p)}{\tau_0} dp \quad (5)$$

onde:  $\psi_r$  é o parâmetro de forma apresentado por Silva (2002);  $\tau(p)$  é a função que representa a distribuição da tensão de cisalhamento ao longo de P para uma seção definida do escoamento uniforme, p uma variável independente de posição ou distância ( $P \geq p \geq 0$ ), e  $\tau_0$  é a tensão de cisalhamento média, calculada através da equação seguinte

$$\tau_0 = \rho g R S \quad (6)$$

onde:  $\rho$  é a massa específica da água; g a aceleração da gravidade; R é o raio hidráulico do escoamento e S a declividade do fundo do canal.

Para desenvolver estudos acerca da influência de correntes secundárias no escoamento principal em canais circulares, Replogle e Chow (1966) obtiveram dados de laboratório, referentes à distribuição da tensão de cisalhamento ao longo do perímetro molhado. Os canais foram ensaiados por estes autores em três alturas hidráulicas correspondentes às razões de aspecto y/D iguais a 1/3, 1/2 e 2/3, com relação à seção completamente cheia.

Integrando-se numericamente os perfis de distribuição da tensão de cisalhamento no perímetro molhado, apresentados por Replogle e Chow (1966), o método de Silva (1992) para determinação do parâmetro de forma pôde ser aplicado resultando nos valores mostrados na tabela 1.

**Tabela 1 - Valores do parâmetro de forma  $\psi_r$  segundo a razão de aspecto**

y/D	$\psi_r$
1/3	1,008
1/2	1,030
2/3	1,016

A figura 3 apresenta valores do segundo parâmetro de forma do método de Kazemipour,  $\psi_2$ , obtidos experimentalmente por Kazemipour e Apelt, e ajustados numericamente -ajuste polinomial- por Goldfarb (2002). Apresenta também resultados obtidos a partir do modelo analítico descrito (Goldfarb e Silva, 2002), considerando valores médios do parâmetro de forma  $\psi_r$  apresentados na tabela 1 em função de D/ $y_D$ .

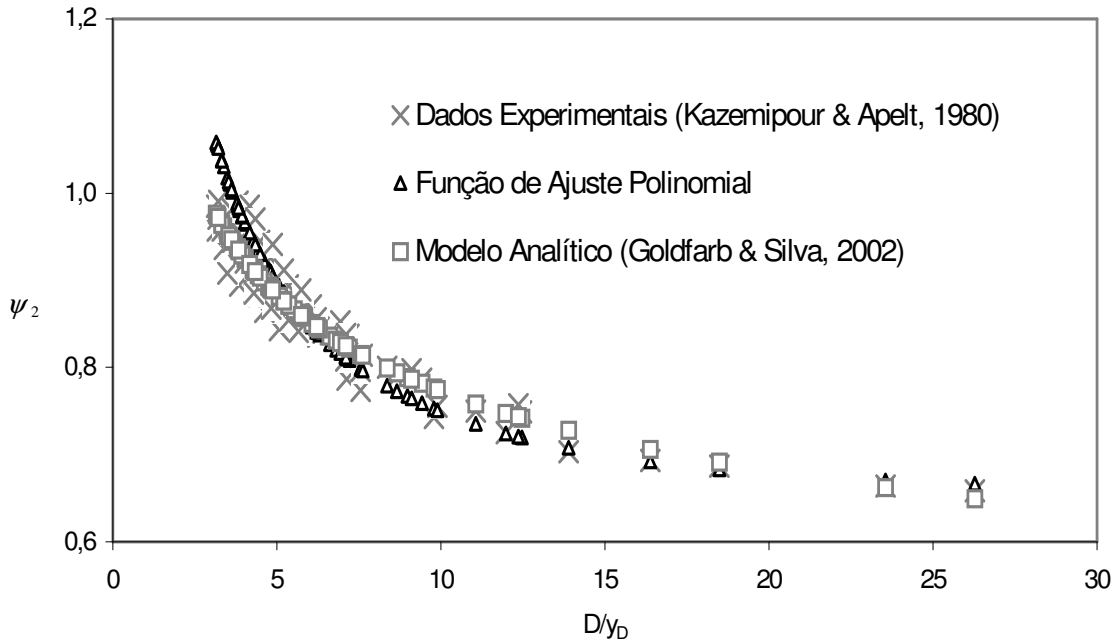


Figura 3 – Segundo parâmetro de forma do método de Kazemipour.

## APLICAÇÃO EXPLÍCITA DO MÉTODO DE KAZEMIPOUR

A equação universal para cálculo da perda de carga por unidade de comprimento, para tubulações pressurizadas, quando aplicada para dutos de seção circular, onde o diâmetro é igual a quatro vezes o raio hidráulico, pode ser apresentada conforme as expressões seguintes,

$$f = \frac{8gJR}{V^2} \quad (7)$$

$$V = \sqrt{\frac{8gJR}{f}} \quad (8)$$

onde:  $f$  é o fator de atrito para tubulações pressurizadas,  $g$  a aceleração da gravidade,  $J$  a perda de carga por unidade de comprimento,  $R$  o raio hidráulico, e  $V$  a velocidade média do escoamento na tubulação.

Para se aplicar as equações anteriores no cálculo do escoamento em canais abertos, conforme a metodologia de Kazemipour, substitui-se na expressão (7) o fator de atrito para canais apresentado

na equação (1). Neste procedimento, considerando canais com pequenas declividades, a perda de carga por unidade de comprimento  $J$  pode ser substituída pela declividade do fundo do canal  $S$ , obtendo-se as expressões (9) e (10).

$$f_c = \frac{8gSR}{V_c^2} \quad (9)$$

$$V_c = \sqrt{\frac{8gSR}{f_c}} \quad (10)$$

onde:  $f_c$  é o fator de atrito para canais abertos,  $g$  a aceleração da gravidade,  $S$  a declividade, que no caso representa a perda de carga por unidade de comprimento,  $R$  o raio hidráulico, e  $V_c$  a velocidade média do escoamento no canal.

Aplicando a equação (1) na equação (10) e comparando o resultado com a equação (8), obtém-se a seguinte relação entre as velocidades médias para tubulações pressurizadas e canais abertos

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\psi}} V \quad (11)$$

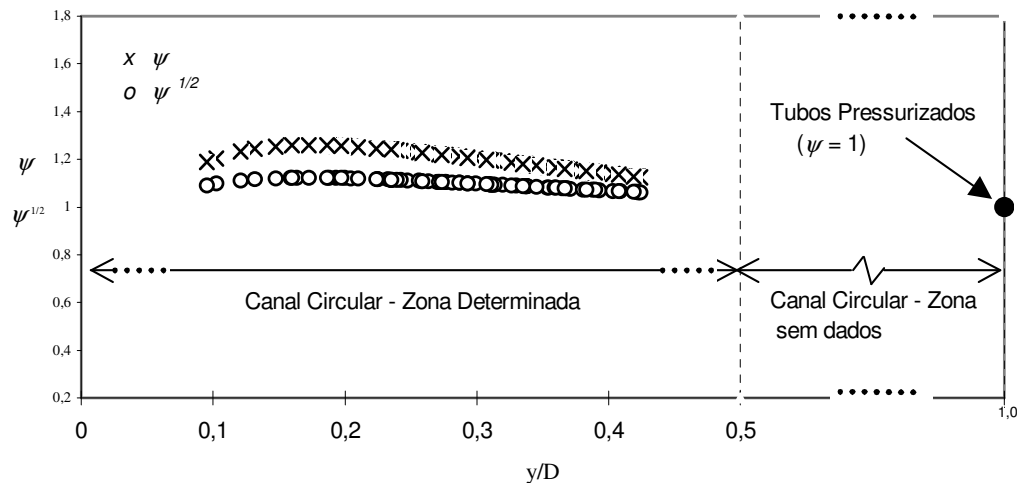


Figura 4 – Valores calculados de  $\psi$  e  $\psi^{1/2}$  em função de  $y/D$  a partir dos dados de Kazemipour e Apelt (1980).

A relação entre as velocidades apresentada na equação (11) revela que, para um mesmo número de Reynolds, a velocidade média do escoamento no canal é menor do que na tubulação pressurizada, visto que o parâmetro de forma do método de Kazemipour é sempre numericamente superior a unidade. Nesse caso a equação (1) vem a confirmar esta análise quando demonstra, nas mesmas condições, o fator de atrito para canais  $f_c$  maior do que o fator de atrito  $f$  para tubulações pressurizadas.

A equação seguinte é a de von Karman-Prandtl para cálculo do escoamento em tubulações pressurizadas de paredes lisas.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} \frac{\text{Re} \sqrt{f}}{2,51} \quad (12)$$

onde: Re é o número de Reynolds do escoamento.

Para possibilitar a aplicação da equação (10) no cálculo de canais circulares, à superfície livre, substitui-se na equação (12), as equações (1), (9) e (11). Nesse caso pode-se explicitar a velocidade média do escoamento no canal  $V_o$  a qual se multiplicada pela área da seção transversal fornece uma expressão para o cálculo da vazão volumétrica escoada

$$Q_c = \frac{4A}{\sqrt{\psi}} \sqrt{2gRS} \text{Log} \left( 4,51R \frac{\sqrt{gRS}}{\nu} \right) \quad (13)$$

onde:  $Q_c$  é a vazão volumétrica escoada no canal,  $A$  a área de seção transversal do escoamento,  $g$  a aceleração da gravidade,  $R$  o raio hidráulico da seção transversal,  $S$  a declividade do fundo do canal, e  $\nu$  a viscosidade cinemática.

Os valores de  $\psi$  em função da profundidade hidráulica relativa,  $y/D$ , são plotados no gráfico da figura 4. Como se vê, para os dados experimentais disponíveis de Kazemipour e Apelt (1980),  $\psi$  não apresenta grandes variações. Ademais, os valores de  $\psi^{1/2}$ , termo utilizado na equação (13), apresentam-se com variações obviamente menores. Isto encoraja o uso do valor médio para este parâmetro ( $\psi$  médio igual a 1,096) na equação (13). A busca da formulação unificada para o cálculo do escoamento uniforme à superfície livre e pressurizado em tubos lisos fica evidenciada na figura 4, onde os valores de  $\psi$  para  $y/D$  igual a 1, seção plena, é igual à unidade, ou seja, com correspondente coeficiente de atrito  $f$ . Evidentemente, a formulação deste trabalho é restrita aos valores de  $y/D$  mostrados, e números de Froude e Reynolds limitados aos dos dados disponíveis

Esta simplificação (uso do  $\psi$  médio igual a 1,096) possibilita a apresentação da equação (14)

$$Q_c = 5,16A \sqrt{gRS} \text{Log} (4,51R \sqrt{gRS} / \nu) \quad (14)$$

com simbologia já descrita.

Os resultados obtidos das equações (13) e (14), no cálculo do escoamento em canais circulares

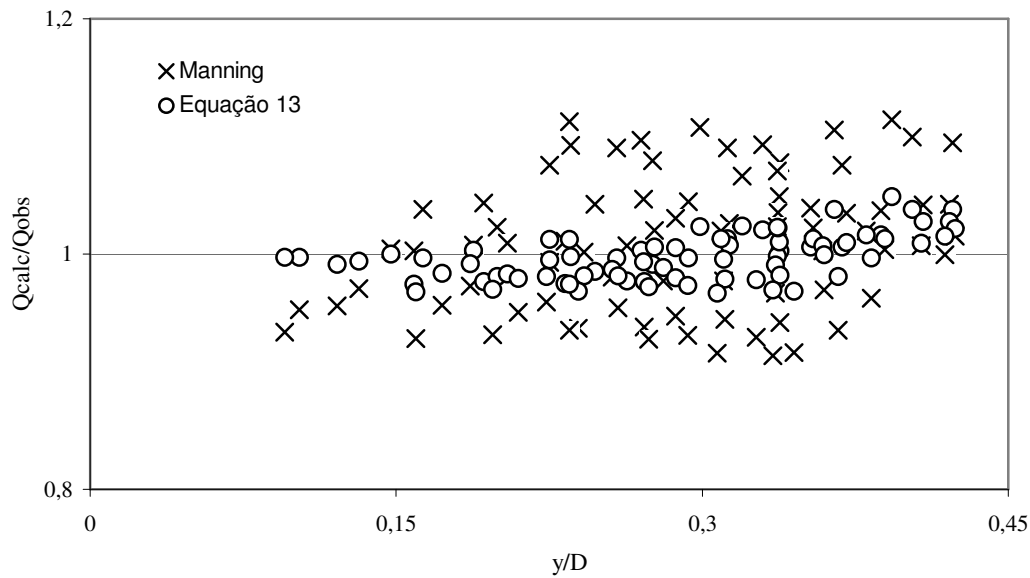


Figura 5 – Vazões adimensionalizadas em função de  $y/D$  (Goldfarb e Silva, 2003).

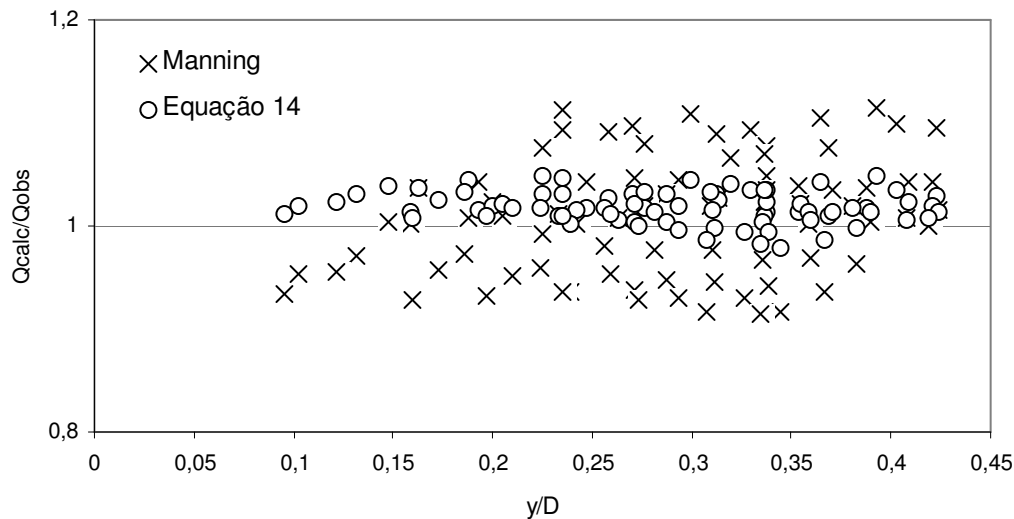


Figura 6 – Vazões adimensionalizadas calculadas pela equação 14 e equação de Manning versus  $y/D$ .

lisos, são comparados com os resultados advindos da equação de Manning, na forma seguinte:

$$Q_c = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (15)$$

onde:  $A$  é a área da seção transversal do escoamento,  $R$  o raio hidráulico,  $S$  a declividade do fundo do

canal ou da superfície, e  $n$  o coeficiente de rugosidade de Manning que representa a rugosidade das paredes do canal.

A fim de se ter comparações entre os valores da vazão através dos métodos descritos pelas equações 13, 14 e de Manning, calculou-se o erro absoluto relativo médio – MARE, definido conforme a equação (16)

$$MARE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |(Q_{ci} - Q_{oi})| / Q_{oi} \quad (16)$$

onde: MARE é o erro absoluto relativo médio,  $Q_c$  vazão calculada através das equações descritas,  $Q_o$  a vazão observada referente,  $i$  a ordem e  $m$  o número de realizações.

## RESULTADOS E ANÁLISE

Os dados experimentais utilizados foram obtidos pelo professor C. J. Apelt da Universidade de Queensland em 1979 na Austrália, e utilizados por Goldfarb (2002). O canal experimental de cimento de asbesto alisado, com 25 metros de diâmetro e diâmetro interno de 38 cm, foi montado em uma plataforma de aço com declividade ajustável. Cuidados especiais foram tomados nas campanhas de medições, no sentido de se estabelecer com certeza a condição do regime uniforme, evitando-se medidas de profundidade nos trechos de ocorrência de perfis de escoamento gradualmente variado dos tipos M1, M2, S2 ou S3. O experimento abrangeu escoamento nas condições subcrítico e supercrítico, com números de Froude entre 0,31 e 1,33. O número de Reynolds variou entre 69.435 e 476.950 entre as 85 realizações.

A curva da figura 3 demonstra a validade do método de Kazemipour. Com efeito, os pontos calculados de acordo com o modelo analítico descrito de maneira resumida apresentam uma razoável coincidência com os pontos obtidos dos dados experimentais. O modelo é de concepção ainda simplificada, já que considera apenas as variações da tensão de cisalhamento, ao longo do perímetro molhado. Mesmo assim, a quase coincidência para os valores maiores de  $D/y_D$  e o crescimento dos valores com tendência semelhante nos pontos experimentais e do modelo para os valores menores de  $D/y_D$  permitem inferir a validade do método.

Nas vazões calculadas através da equação de Manning, o valor utilizado para o coeficiente  $n$ , que representa a rugosidade das paredes do canal, foi escolhido de forma que proporcionasse os melhores resultados para os valores calculados através desta equação. Desta forma, o valor  $n = 0,0098$ , foi calculado como o valor que otimiza os resultados e caracterizado como de um canal “muito” liso.

O gráfico da figura 5, vazões adimensionais em função de  $y/D$ , mostra os melhores resul-

tados advindos da equação (13), em detrimento do resultado da aplicação da equação de Manning, para qualquer valor de  $y/D$  considerado.

A figura 6 apresenta as vazões adimensionais em função da altura hidráulica relativa ao diâmetro interno do canal, calculadas através da equação (14) e da equação de Manning. A aplicação da equação (14), com os resultados mostrados na figura 6, apresenta ainda em resultados melhores do que os fornecidos pela equação de Manning, muito embora com eficiência inferior à aplicação da equação (13) para a faixa de  $y/D$  considerada.

Os valores dos erros absolutos relativos médios das vazões calculadas através de (13), (14) e (15) referidas aos dados de vazões observadas foram calculados, através da equação (16), e resultaram respectivamente em 1,70%, 1,80% e 4,37%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A equação (13) mostrou-se com desempenho superior à equação de Manning no cálculo do escoamento em canais circulares lisos. De maneira semelhante, a (14) também apresenta resultados melhores, porém com eficiência inferior a (13). De fato, os valores dos erros absolutos relativos médios das vazões calculadas referentes às observadas demonstram claramente a superioridade das equações (13) e (14) frente à (15). No caso, a vantagem da equação (14) em relação à (13) fica por conta da simplificação do parâmetro de forma  $\psi$ , tomado como constante ( $\psi = 1,096$ ), o que torna o procedimento de cálculo muito mais simples.

Deve ser ressaltado nesta formulação seu caráter de unificação das fases em escoamento livre (onde  $\psi = \psi_1/\psi_2$ ) e escoamento pressurizado, ou à seção plena, (onde  $\psi = 1$ ).

As equações (13) e (14) são explícitas, embora deduzidas com consideração da expressão de caráter implícito de von Karman - Prandtl para cálculo do escoamento em tubulações pressurizadas de paredes lisas, revelando uma vantagem considerável em relação à aplicação do método de Kazemipour original e à formulação apresentada por Goldfarb e Silva (2004).

A equação (13) foi pioneiramente deduzida, apropriada à aplicação ao escoamento à superfície livre, ou pressurizado em tubos, segundo o parâmetro de forma, para regime turbulento, crítico ou subcrítico, sendo independente do intervalo  $y/D$ . Portanto é genérica quanto à razão de aspecto, inclusive

nos intervalos não testados. No entanto, a validação feita na fase livre é limitada aos valores de  $y/D$  mostrados.

Em alguns sistemas hidráulicos podem ocorrer eventualmente as fases livres ou pressurizadas, como por exemplo, galerias de drenagem de águas pluviais urbanas ou redes de esgotamento sanitário. A unificação das equações do escoamento à superfície livre e pressurizada em tubos pode possibilitar a construção de novos modelos matemáticos de maior eficiência para a avaliação de sistemas deste tipo.

Observa-se finalmente que este trabalho ainda merece a continuação das pesquisas para complementação, no que se refere aos procedimentos experimentais, haja vista que ainda não se dispõe de avaliação para dados de  $y/D$  entre 0,45 e 1 a fim de se obter valores de  $\psi$  neste intervalo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Colin J. Apelt da Universidade de Queensland – Austrália pela cessão dos dados experimentais utilizados na pesquisa realizada.

## REFERÊNCIAS

- GOLDFARB M. C. *Resistência ao Escoamento Uniforme em Canais Circulares Lisos*, Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Centro de Ciências e Tecnologia. Dissertação de Mestrado, 68 p. Campina Grande – PB. 2002.
- GOLDFARB M. C.; SILVA, T. C. *Simplificação na Metodologia de Uso do Método de Kazemipour para Cálculo da Vazão em Canais Circulares Lisos*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - ABRH. Anais em CD-ROM. Curitiba - PA. 2003.
- GOLDFARB M. C.; SILVA, T. C. *Escoamento uniforme em canais circulares lisos. Parte I: Adaptação e validação do método de Kazemipour*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 8, n.2/3, p.175-179. Campina Grande, PB. 2004.
- KAZEMIPOUR, A. K.; APELT, C. J. *Shape Effects on Resistance to Smooth Semi-Circular Channels*, Department of Civil Engineering, University of Queensland, Research Report nº CE18. 1980.
- KAZEMIPOUR A. K. *Cross-Sectional Shape Effects on Resistance to Uniform Flow in Non-Circular Closed Conduits*, Universidade de Queensland, Austrália, Tese de Doutorado. 1979.
- KEULEGAN, G. H. *Laws of Turbulent Flow in Open Channels*, Journal of Research, National Bureau of Standards, Washington D. C., Research Paper 1151. vol. 21, nº 6, Dec. 1938, pp 707-741.
- REPLOGLE, J. A; CHOW, V. T. *Tractive-force Distribution in Open Channels*, Journal of the Hydraulics Division, vol. 92, nº HY2, 169-191p. 1966.
- SILVA, T. C. *Efeitos de Forma na Resistência ao Escoamento Uniforme em Canais*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 85 p. São Paulo – SP 1992.
- SILVA, T. C.; FIGUEIREDO P. H. S. *Ajuste Polinomial: Três Estudos de Casos Utilizando Variáveis Transformadas* In: XIV Congresso Ibero Latino-Americano de Métodos Computacionais em Engenharia. pp 1212-1219. São Paulo – SP. 1993.

## *Unified Expression to Calculate Resistance Flow in Open Channels and Pressurized Smooth Pipes*

### ABSTRACT

*Based on experimental studies and analysis of the representation of shape effect of the channel in uniform flow calculation, Kazemipour and Apelt (1980) developed a procedure named Kazemipour's method. By adapting the friction factor, this method makes it easier to calculate uniform flow in smooth circular channels using equations for pressurised tubes. Later, Goldfarb and Silva (2003), through a numerical procedure, modified this method which originally depended on graphic procedures and made it independent of graphic tools. This method named Goldfarb and Silva, was compared by these authors to the use of Manning's equation to calculate flow in smooth circular channels and proved more efficient. In this work the shape parameter of open flow in circular tubes is evaluated, seeking to facilitate the application of the new method. The analytical validation of Kazemipour's method is also presented. The simplified implicit method obtained is compared again to Manning's equation. The results were better than those obtained by using Manning's equation. The possibility of unifying the procedures to calculate the friction factor in the pressurized phase and in open circular channels is also proposed.*

*Key-words: friction factor; smooth circular channels; smooth pipes.*