

*Silvio C. Sampaio*¹
*Eduardo Pessi*²
*Morgana Suszek*²

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PERDA DE
CARGA CONTÍNUA OBSERVADA EM
LABORATÓRIO E ESTIMADA POR MEIO
DE EQUAÇÕES**

RESUMO: Muitas equações apresentadas na literatura para estimar a perda de carga fazem com os projetistas tenham dificuldades em definir as mais apropriadas às suas condições de trabalho e aos diferentes materiais usados na fabricação das tubulações. Assim, esse trabalho objetivou comparar a perda de carga estimada em laboratório utilizando as equações de Manning, Fair-Whipple-Hsiao, Flamant, Darcy-Weisbach, Scobey e Hazen-Williams, para tubulações com diâmetro entre 32 e 75 mm em PVC e ferro galvanizado. Obteve-se diferenças consideráveis entre os dados estimados pelas equações quando aumentou-se o diâmetro das tubulações. Considerando-se os menores diâmetros de tubulação, os resultados mostraram que todas as equações aproximam-se dos dados estimados, exceto a equação de Manning.

Palavras-chave: perda de carga; fluido; tubulação.

SUMMARY: Many equations presented in the literature for accessing load loss, cause the projectors to have difficulties in defining the most appropriate ones for their work conditions and the different materials used in the pipeline manufacture. So, this work aimed to compare the assessed load loss in laboratory utilizing the Manning, Fair-Whipple-Hsiao, Flamant, Darcy-Weisbach, Scobey and Hazen-Williams equations, for pipeline with diameters between 32 and 75 mm in PVC and galvanize iron. To obtain considerable differences among the assessed data by equations when to increase the pipeline diameters. Considering the smalls pipeline diameters, the results

Data de recebimento: 12/07/06. Data de aceite para publicação: 03/08/07.

1 Engenheiro agrícola, Prof. Adjunto, CCET, Campus de Cascavel, UNIOESTE, Cascavel, PR, (0XX45) 3220-3262, CEP 85809-110, e-mail: ssampaio@unioeste.br

2 Engenheiro agrícola, RHESA, CCET, Campus de Cascavel, UNIOESTE, Cascavel, PR

3 Engenheira química, RHESA, CCET, Campus de Cascavel, UNIOESTE, Cascavel, PR

showed that all equations resulted in similar data, except the Manning equation.

Key-words: load loss; fluid; pipeline.

INTRODUÇÃO

A aplicação dos princípios de análise dimensional para a perda de carga permite determinar a natureza da resistência oferecida pela rugosidade da parede da tubulação, por meio do conhecimento das respectivas dimensões, eliminando o empirismo que caracterizou as fórmulas para o cálculo da perda de carga hidráulica em condutos forçados até pouco tempo.

A energia consumida para vencer a resistência que se opõe ao movimento é uma consequência do atrito do líquido contra as paredes do conduto, admitindo-se que ele desliza como um êmbolo dentro da tubulação. Assim, a perda de carga será tanto maior quanto for a rugosidade das paredes do conduto, e essa circunstância é uma das mais importantes a considerar nos cálculos.

A fórmula geral da perda de carga foi deduzida supondo que o prisma líquido se deslocasse no interior do conduto com a velocidade V , atritando com as paredes do mesmo; essa hipótese não é exata porque, em primeiro lugar, junto à parede existe uma película aderente e imóvel de líquido e, não estando em movimento, o contato do prisma é com esta película e não com a parede, que é a chamada camada limite, segundo a denominação de Prandtl (AZEVEDO NETO, 1982; FOX & McDONALD, 1995; HUGHES & BRIGHTON, 1974 e NEVES, 1977).

Este trabalho teve como objetivo realizar ensaios para estimar a perda de carga em tubulações de diversos diâmetros, materiais e vazões, comparando graficamente os resultados obtidos pelas equações de Hazen Williams, Fair Whipple Hsiao, Scobey, Flamant, Manning e Darcy-Weisbach.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do experimento foi utilizada uma bancada de ensaio para obter a perda de carga, composta de reservatórios, tubulações, registros, hidrômetros, regulador de pressão em circuito hidráulico fechado.

As tubulações utilizadas foram de aço zincado, com diâmetros comerciais de 63 mm, 50 mm, 38 mm e 25 mm; e PVC com diâmetros de 75 mm, 60 mm, 50 mm e 32 mm. As conexões usadas nas tubulações foram do tipo luva rosqueável, para as tubulações de aço zincado e conexões soldáveis para as tubulações de PVC. Todas as tubulações estudadas foram instaladas em nível na bancada de ensaios, para posterior obtenção da perda de carga.

O trecho útil para avaliação da perda de carga distribuída tinha um comprimento de 6 m, com os manômetros instalados no início e no final de cada tubulação avaliada. Foram deixados, tanto à jusante como à montante dos trechos úteis, 1 m de tubulação para permitir um escoamento plenamente desenvolvido, evitando-se turbulências e resultados imprecisos de pressão.

A vazão foi obtida com o uso de um hidrômetro magnético, situado após o ponto de tomada de pressão a montante, marca CONAUT, modelo IFS 4000 KC com conversor de sinais IFC 020 K, com diâmetro de 80 mm.

Foram obtidos 30 valores de vazão e respectivas pressões para cada material e diâmetro estudado. Os dados foram obtidos após cerca de 5 minutos de acionamento do sistema, para permitir um escoamento estável.

Com os dados de pressões e de vazão, estimou-se a perda de carga, utilizando as equações de Hazen Williams, Fair Whipple Hsiao, Scobey, Flamant, Manning e Darcy-Weisbach. Considerando o balanço de energia em uma tubulação horizontal, de seção transversal constante, com escoamento plenamente estabelecido, a perda de carga (h_f) pode ser obtida pela Equação 1.

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{\Delta p}{\gamma} = h_f \quad (1)$$

em que:

p_1 = pressão a montante da peça ou trecho avaliado, Pa;

p_2 = pressão a jusante da peça ou trecho avaliado, Pa;

γ = peso específico do fluido circulante, kgf/m^3 ;

D_p = diferença de pressão entre o início e o final da tubulação, Pa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vazão da moto-bomba do sistema não foi suficiente para produzir perda de carga nas tubulações de maiores diâmetros e a velocidade de escoamento nos tubos de menor diâmetro estiveram acima da recomendada.

Para a Tubulação PVC 75 mm, observou-se que a equação de Manning diferiu demasiadamente das demais, indicando uma perda de carga muito elevada (Figura 1a). Houve pouca diferença entre as demais equações para uma vazão de $0,006 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. A partir desta vazão foram observadas diferenças, em ordem crescente de perda de carga, a equação de Hazen-Williams, seguida de Flamant, Scobey, Darcy-Weisbach e Fair-Whipple-Hsiao (FWH).

Na tubulação PVC 60 mm, devido à maior perda de carga ocasionada pelo sistema, a curva de dados observados (Figura 1a) aproximou-se dos dados calculados, assemelhando-se em ordem com a tubulação de PVC 75 mm. Mesmo assim, não houve simetria com nenhuma das demais.

Para a tubulação PVC 50 mm novamente a equação de Manning apresentou dados muito dispersos dos demais. De acordo com a Figura 1a, os dados observados estiveram acima das demais até a vazão de $0,005 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Entretanto, a partir desta vazão apresentou uma perda de carga menor do que as calculadas pelas equações consideradas.

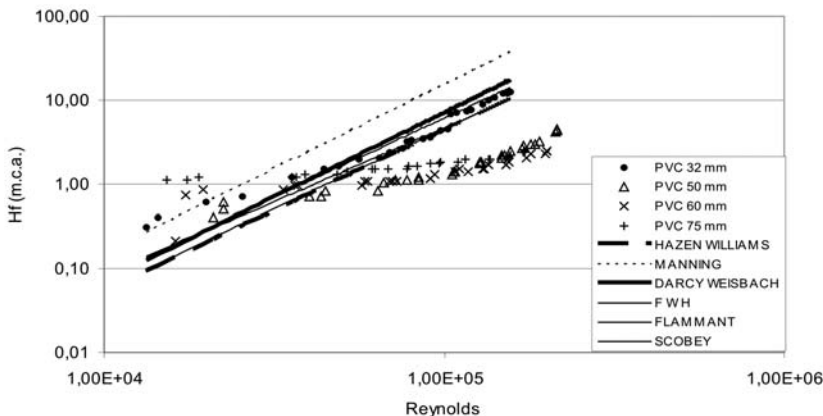
Na tubulação Ferro Galvanizado 63 mm (2 1/2"), os dados de perda de carga observados foram prejudicados pela baixa vazão e consequente perda de energia. Os dados observados (Figura 1b) diferiram bastante dos demais.

Na tubulação ferro galvanizado 50 mm (2"), houve uma maior aproximação da curva de dados observados com as equações de Fair-Whipple-Hsiao e Darcy-Weisbach (Figura 1b). Novamente, a curva de Manning apresentou perda de carga mais elevada que as demais.

Observando-se a Figura 1b, para a tubulação ferro galvanizado 38 mm (1 1/2") a curva de dados observados aproximou-se da curva de Scobey nas vazões acima de $0,005 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Abaixo desta vazão os dados aproximaram-se da equação de Fair-Whipple-Hsiao.

Na tubulação ferro galvanizado 25 mm (1"), os dados observados aproximaram-se das equações de Fair-Whipple-Hsiao e Scobey. Porém, para as baixas vazões as perdas de carga foram mais elevadas que as estimadas (Figura 1b).

Comparando as tubulações de PVC 32 mm e ferro galvanizado 25 mm, observou-se pouca diferença de rugosidade dos materiais. De modo geral, houve menor perda de carga nas tubulações de PVC.



(a)

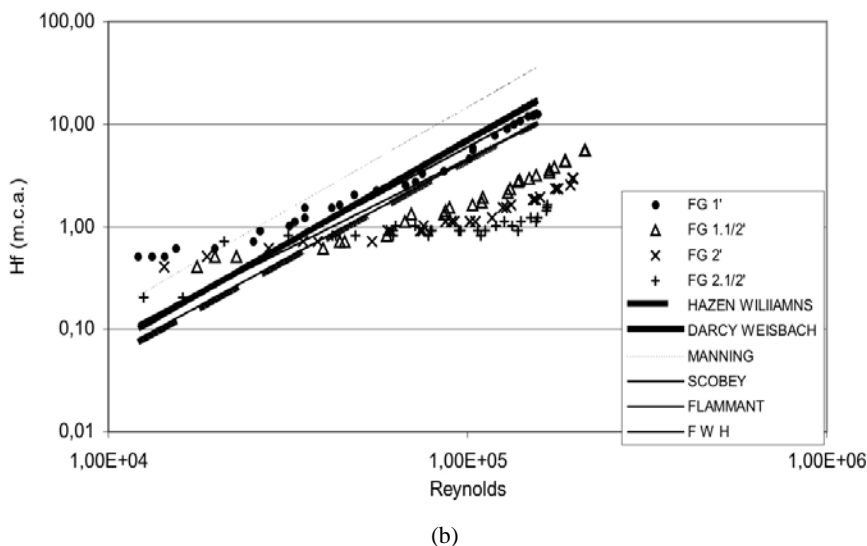


Figura 1 Dados observados para tubulações de (a) PVC e (b) ferro galvanizado e equações de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Manning, Scobey, Flammant e Fair-Whipple-Hsiao.

CONCLUSÕES

Todas as equações de perda de carga aproximam-se dos dados observados, exceto a equação de Manning, para tubulações de menor diâmetro. Ocorreram diferenças consideráveis entre os dados estimados pelas equações e os dados observados quando aumentou-se o diâmetro das tubulações.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETO, J. M. **Manual de hidráulica**. 7ª ed., São Paulo: Edigard Blücher Ltda, 1982. 336p.

FOX, R. W., McDONALD A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 4ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1995.

HAZEN, A., WILLIAMS, G. S. **Hydraulic tables**. New York: John Wiley & Sons, 1963. 120p.

HUGHES, W. F., BRIGHTON, J. A. **Dinâmica dos fluidos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1974. 358p.

NEVES, E. T. **Curso de hidráulica**. Ed. Globo, Porto Alegre, 1977.