

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE k PARA ESTIMATIVA DA PERDA DE CARGA LOCALIZADA EM TUBOEMISSOR

JOSÉ HENRIQUE NUNES FLORES¹; ARYANE ARAUJO RODRIGUES²;
STÉFANO VOSS BOEIRA²; OSVALDO RETTORE NETO³; MAURÍCIO DAI PRÁ⁴;
LESSANDRO COLL FARIA⁵

¹Mestrando, PPG Recursos Hídricos – CDTEC/UFPEL – jflores.faem@ufpel.edu.br

²Graduando (a), Engenharia Hídrica – CDTEC/UFPEL – aryane@ufpel.edu.br;
stefano.boeira@ufpel.edu.br

³Professor Dr., FAEM/UFPEL – rettoire.neto@ufpel.edu.br

⁴Professor Dr., CDTEC/UFPEL – mdaipra@gmail.com

⁵Orientador, Professor Dr., CDTEC/UFPEL – lessandro.faria@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A área irrigada brasileira ocupa aproximadamente 4.5 milhões de hectares, e é responsável por 16% da produção agrícola e 35% do valor econômico da produção total do país (PAULINO et al., 2011). Dentre os métodos de irrigação, a irrigação localizada ganha destaque em relação aos demais, pois possui potencial para apresentar elevados índices de eficiência de aplicação de água (FRIZZONE et al., 2012).

A correta estimativa da perda de carga é um fator importante em projetos de irrigação localizada, pois influencia na altura manométrica total, e por sua vez, na escolha do conjunto motobomba (KAMAND, 1988).

Segundo AL-AMOUD (1995), um dos fatores que interferem na perda de carga da linha lateral é a obstrução causada pelo emissor, que pode aumentar em até 33% a perda de carga total no sistema. A perda de carga localizada causada por emissores pode ser estimada através da equação geral da perda de carga localizada, que apresenta uma parcela k da energia cinética de Bernoulli ($V^2/2g$), conhecido como princípio da similaridade de Reynolds, e é representada pela Eq. 1 (RETTORE NETO et al., 2009a, 2009b).

$$hf_e = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

Onde:

hf_e – Perda de carga no emissor (mca);

k – Coeficiente determinado experimentalmente (adimensional);

V – Velocidade de escoamento do fluido ($m \cdot s^{-1}$); e

g – Aceleração da gravidade ($m \cdot s^{-2}$).

O coeficiente k é dependente das forças viscosas e da geometria do emissor. Em estudos BAGARELLO et al. (1997); GOMES et al. (2010); PROVENZANO et al. (2005); RETTORE NETO et al. (2009b) evidenciaram que para condições onde $Re > 10000$, as forças viscosas tornam-se desprezíveis, sendo assim, a obstrução torna-se a principal causa da perda localizada. A razão de obstrução ($r = A_o/A$), representa a parcela da área obstruída pela presença do emissor, sendo a razão entre a área obstruída pelo emissor e a área da tubulação.

De acordo com o exposto, buscou-se determinar uma equação para estimar a perda de carga localizada causada pela inserção do emissor no tubogotejador AZUD Premier Line.

2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Irrigação do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas (CDTec/UFPel). Para condução do estudo, foi utilizada uma bancada experimental, a qual dispunha dos equipamentos necessários para controle do sistema e aquisição dos dados.

A bancada experimental está conectada a um reservatório de 372 litros, e uma motobomba modelo Hidrobloc P1000T (KSB). Para verificação da temperatura, utilizou-se um termômetro, com escala de 1 °C, preso no interior do reservatório. A água para realização do estudo é advinda do sistema público de abastecimento. Para evitar impurezas, utilizou-se um filtro de discos de 1 ½", de 120 mesh.

Os valores de vazão foram obtidos utilizando-se um medidor de vazão eletromagnético, com faixa de operação certificada de 0 a 3,5 m³ h⁻¹, e precisão de 0,5% mv. Posteriormente transformados em velocidades baseado na equação da continuidade. Para verificar a pressão no início da linha ensaiada utilizou-se um manômetro digital Lámon, com FS de 0 a 200 mca, e precisão de 0.1% FS. A obtenção da diferença de pressão, entre o início e o final da linha ensaiada, foi feita através de um manômetro em "U", com mercúrio, que possui peso específico (γ_{Hg}) 13600 kgf m⁻³.

Com os valores de velocidade de escoamento, temperatura do fluido e diâmetro interno da tubulação, obteve-se o número de Reynolds, através da equação proposta por REYNOLDS (1895). Para classificação do regime de escoamento considerou-se, $Re < 2000$, Regime laminar; $2000 < Re < 4000$, Regime de transição; e $Re > 4000$, Regime Turbulento.

Para as conexões de tomadas de pressão foi utilizada a metodologia proposta por RETTORE NETO (2008) realizou-se pequenos orifícios, com auxílio de um furador aquecido, e as mangueiras do manômetro foram conectadas a braçadeiras de tecnil. As braçadeiras possuem o diâmetro interno igual ao diâmetro externo da tubulação, afim de evitar a diminuição da secção transversal do tubo.

A perda de carga total (hf_T) em uma tubulação retilínea, uniforme e em nível, é determinada pela diferença de pressão entre dois pontos. Utilizou-se a Equação Universal para obter-se a perda de carga continua na tubulação (hf_c). Para a obtenção do fator de atrito "f", utilizou-se a equação de Blasius (Eq. 2), com coeficientes propostos por RETTORE NETO et al. (2009b). A perda de carga localizada nos emissores (hf_e), foi obtida através da Eq. 3.

$$f = 0.296 \cdot Re^{-0.25}$$

$$(2) \quad hf_e = \frac{hf_T - hf_c}{n_e} \quad (3)$$

Onde:

hf_c – Perda de carga continua na tubulação (m.c.a.);

Re – Número de Reynolds (adimensional);

hf_e – Perda de carga localizada no emissor (m.c.a.);

hf_T – Perda de carga total na tubulação (m.c.a.); e

n_e – Número de emissores (adimensional).

A pressão foi mantida constante durante todos os ensaios, em 20 m.c.a., variando-se somente a velocidade de escoamento dentro da tubulação. Para cada valor de velocidade de escoamento, obteve-se o valor perda de carga para a linha ensaiada. Para fins de padronização dos ensaios, coletou-se os valores dos pares de dados de maneira descendente de vazão, ou seja, iniciou-se o ensaio com valores mais altos de velocidade.

A partir dos pares de dados obtidos para as repetições, ajustou-se uma equação linear, para obter-se então o coeficiente “k”, da Eq. 1, sendo então a equação na qual objetivou o estudo.

Para fins de verificar os valores estimados a partir da equação proposta, calculou-se a raiz quadrada do erro médio (RMSE) e o índice de confiança e desempenho (c) de CAMARGO; SENTELHAS (1997). Para o ranqueamento do c, utilizou-se a preposição dos mesmos autores, onde classifica-se como: Ótimo ($c > 0,85$); Muito bom ($0,76 \leq c \leq 0,85$); Bom ($0,66 \leq c \leq 0,75$); Médio ($0,61 \leq c \leq 0,65$); Tolerável ($0,51 \leq c \leq 0,60$); Ruim ($0,41 \leq c \leq 0,50$); e Terrível ($c \leq 0,40$).

A linha ensaiada tinha 10 metros de comprimento, e possuía 20 emissores, espaçados em 0,5 m. O tubogotejador estudado foi o AZUD Premier Line, em quatro repetições. O tubo estudado apresenta diâmetro interno de 13,5 mm e razão de obstrução 0,616.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As velocidades de escoamento no experimento variaram entre 0,28 e 2,14 m s⁻¹, resultando em valores de número de Reynolds de 4074 a 28885, que caracterizaram todos os ensaios em regimes de escoamento turbulentos.

Como descrito por diversos autores, a perda de carga localizada em emissores, em condições de $Re < 10000$, depende das forças viscosas e da obstrução do emissor. Para os fins deste estudo optou-se por não correlacionar a perda de carga nos emissores com a razão de obstrução, devido a faixa de número de Reynolds do estudo exceder a condição descrita acima.

Na Figura 1a é apresentada a relação entre perda de carga localizada e a energia cinética, bem como os valores da regressão linear. Na Figura 1b, apresenta-se a relação entre os dados observados e estimados, para o emissor em estudo.

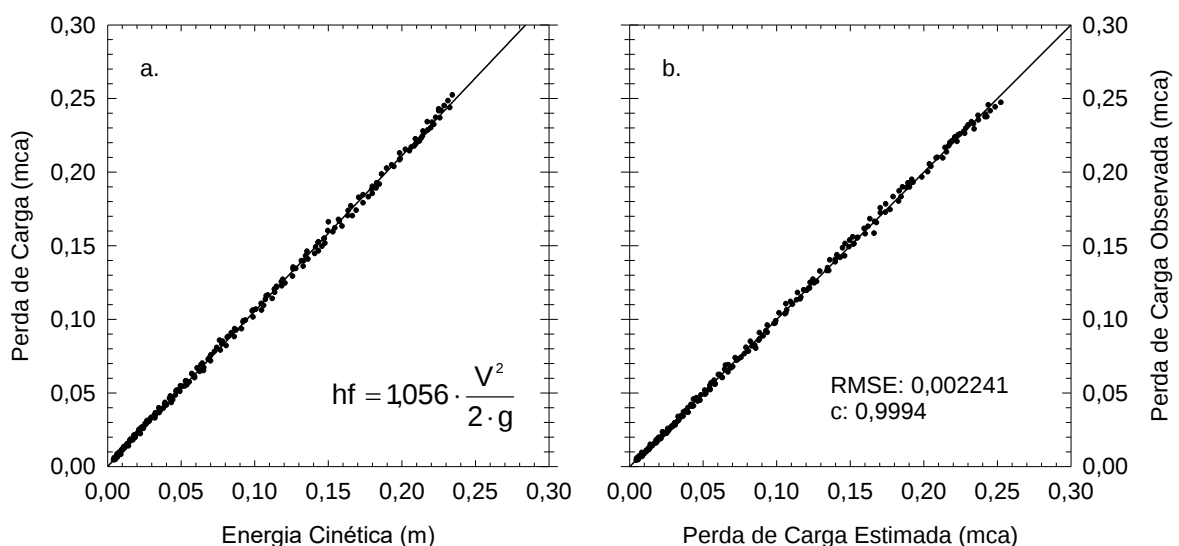


Figura 1 – Perda de carga em função da energia cinética (a), e relação entre perda de carga estimada e perda de carga observado (b) no tubogotejador AZUD Premier Line.

O emissor estudado apresentou coeficiente k de 1,056. Em estudos similares a este realizado por RETTORE NETO et al. (2009b) encontraram-se valores de k de 0,3378, 0,5295, 0,8445 e 1,2719, com razão de obstrução de 0,780, 0,704, 0,697 e 0,571, respectivamente. Já GOMES et al. (2010) em estudos com tubogotejadores com emissores integrados do tipo bóbi, encontrou valores de k de

0,1497, 0,3577, 1,1478 e 1,2193, sendo as razões de obstrução de 0,808, 0,736, 0,577 e 0,528. Pode-se verificar que na literatura, encontram-se diferentes valores de k , sendo que cada tubogotejador apresenta seu valor específico.

O modelo proposto apresentou RMSE de 0,002241, ao passo que, o índice de confiança e desempenho de CAMARGO; SENTELHAS (1997) foi de 0,9994, sendo classificado como ótimo. A partir destes valores é possível afirmar que a equação proposta apresenta-se como um ótimo estimador da perda de carga no modelo de emissor estudado.

4. CONCLUSÕES

A equação proposta para predição da perda de carga localizada causada pela inserção dos emissores em um tubogotejador do modelo AZUD Premier Line, ajustou-se de maneira satisfatória, sendo possível sua utilização em futuros projetos de irrigação localizada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-AMOUD, A. I. Significance of Energy Losses Due to Emitter Connections in Trickle Irrigation Lines. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 1995. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863485710906>>
- BAGARELLO, V. et al. Evaluating Pressure Losses in Drip-Irrigation Lines. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 123, n. 1, p. 1–7, jan. 1997.
- CAMARGO, A. P. DE; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89–97, 1997.
- FRIZZONE, J. A. et al. **Microirrigação - Gotejamento e Microaspersão**. 1. ed. Maringá: Eduem - Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2012.
- GOMES, A. W. A. et al. Perda de carga localizada em gotejadores integrados em tubos de polietileno. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 435–446, 2010.
- KAMAND, F. Z. Hydraulic Friction Factors for Pipe Flow. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 114, n. 2, p. 311–323, maio 1988.
- PAULINO, J. et al. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 163–176, 2011.
- PROVENZANO, G. et al. Simplified Procedure to Evaluate Head Losses in Drip Irrigation Laterals. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 131, n. 6, p. 525–532, dez. 2005.
- RETTORE NETO, O. **Metodologia para determinação da perda de carga localizada em emissores não coaxiais integrados a tubos de polietileno**. Universidade de São Paulo, 2008.
- RETTORE NETO, O. et al. Local head loss of non-coaxial emitters inserted in polyethylene pipe. **Transactions of the ASABE**, v. 52, n. 3, p. 729–738, 2009a.
- RETTORE NETO, O. et al. Perda de carga localizada em emissores não coaxiais integrados a tubos de polietileno. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 28–39, 2009b.
- REYNOLDS, O. On the Dynamical Theory of Incompressible Viscous Fluids and the Determination of the Criterion. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 186, p. 123–164, 1895.