

## PERDA DE CARGA CONTÍNUA EM TUBULAÇÕES DE PVC CONDUZINDO ÁGUA RESIDUÁRIA DE AVICULTURA

J.A.R de SOUZA<sup>1</sup>; R.O. BATISTA<sup>2</sup>; D.A. MOREIRA<sup>3</sup>; D. C. FERREIRA<sup>4</sup>;  
M.R.VICENTE<sup>3</sup>; F.F. CUNHA<sup>3</sup>; R. OLIVEIRA BATISTA<sup>5</sup>

**RESUMO** – Neste trabalho foi avaliada a perda de carga contínua em tubulações de PVC com conduzindo água e água residuária de avicultura (ARA), ajustando-se equações para a sua determinação. Utilizou-se ARA em seis concentrações de sólidos totais (0,26; 0,46; 0,73; 0,94; 1,63 e 2,89 dag L<sup>-1</sup> ) conduzidas por tubulações de PVC (53,75; 84,01; 105,90; 130,30; e 155,58 mm), determinando-se a perda de carga por meio de quatro piezômetros, distanciados 6 m ao longo da tubulação. Os resultados indicaram que as equações empíricas ajustadas com a aplicação das metodologias de Duffy & Titchener e Hazen-Williams modificada, apresentaram bons ajustes, com coeficiente de determinação superiores a 0,95.

**PALAVRAS-CHAVE:** água residuária, sólidos totais, perda de carga.

## HEAD LOSS FOR PVC PIPELINES CONDUCTING WASTEWATER FROM POULTRY

**Abstract** - In this work was evaluated the continuous head losses in PVC's pipes with conducting water and wastewater from poultry (PW), adjusting equations for its determination. It used PW in six concentrations of total solid (0,26; 0,46; 0,73; 0,94; 1,63 and 2,89 dag L<sup>-1</sup> ) conducted by PVC's pipes (53,75; 84,01; 105,90; 130,30; And 155,58 mm), determining the head losses by means of four piezometers, distanced 6 m along the pipe. The results indicated that the empiric equations adjusted with the methodologies application of Duffy & Titchener and Hazen-Williams modified, they presented good adjustment, with determination coefficient superior to 0,95.

**KEYWORDS:** wastewater, total solids, head loss.

---

<sup>1</sup> Engº Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Av. P. H. Rolfs s/n, CEP: 36570-000, Viçosa, MG. Fone: (31)3899-2715 e-mail: jarstec@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Doutor em Eng. Agrícola, DEA/UFV;

<sup>3</sup> Doutorando em Eng. Agrícola, DEA/UFV;

<sup>4</sup> Mestre em Eng. Agrícola, DEA/UFV;

<sup>5</sup> Mestrando em Eng. Agrícola, DEA/UFV.

## INTRODUÇÃO

A irrigação, quando realizada com águas residuárias, opera com características hidráulicas do escoamento nas tubulações praticamente desconhecidas, podendo estar levando técnicos a cometerem erros consideráveis no seu dimensionamento. Existem poucos trabalhos que abordam o assunto com detalhe, devido ao grau de complexidade envolvida, por se tratar de um fluido com comportamento diferente da água.

Existem diversas fórmulas que estimam a perda de carga contínua em condutos forçados com seção circular e área constante. De acordo com Duffy (1976), os métodos de avaliação dessa perda de carga são agrupados em correlações gráficas, equações empíricas e equações que estimam o fator de atrito, sendo as duas últimas as mais utilizadas e de maior precisão, devido à facilidade de acesso ao computador.

Sampaio et al. (2000, 2001) ajustaram modelos matemáticos que estimam a perda de carga distribuída em tubulações de aço zincado, ferro galvanizado e PVC, com diâmetros comerciais de duas a seis polegadas, utilizando água residuária de bovinocultura e de suinocultura, com diferentes concentrações de sólidos totais, como fluidos circulantes. Esses autores concluíram que os métodos que estimam a perda de carga pela equação universal e relacionam o fator de atrito às características de escoamento, não apresentaram bom ajuste, principalmente quando se utilizou o número de Reynolds generalizado. As equações empíricas empregando-se as metodologias de Duffy & Titchener (1974) e Hazen-Williams modificada para ambos os tipos de água residuária, que relacionam a perda de carga com vazão, diâmetro, coeficiente de rugosidade e concentrações de sólidos totais, apresentaram bons resultados, com coeficiente de determinação igual a 98%. De acordo com os autores, as equações oriundas da metodologia de Hazen-Williams modificada podem ser utilizadas no dimensionamento de projetos hidráulicos pressurizados com escoamento de água residuária de bovinocultura e suinocultura.

Neste trabalho, teve-se por objetivo ajustar uma equação para cálculo da perda de carga contínua em tubulações de PVC, conduzindo água residuária de avicultura (ARA), em diferentes concentrações de sólidos totais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. A perda de carga contínua foi determinada em tubulações de PVC com diâmetros internos de 52,61; 79,90; 103,22; 127,31 e 153,53 mm, conduzindo água e água residuária de avicultura (ARA) em seis diferentes concentrações de sólidos totais (0,26; 0,46; 0,73; 0,94; 1,63 e 2,89 dag L<sup>-1</sup>).

Foi montado um sistema constituído de três reservatórios interligados entre si por meio de tubulações de ferro galvanizado de 155,58 mm de diâmetros: no reservatório inferior, eram obtidas as diferentes concentrações de ARA por meio de adição e misturas sucessivas de esterco a um volume inicial de 10 m<sup>3</sup> de água potável, o qual era bombeado para o reservatório superior; no reservatório intermediário, cuja função era de receber o excesso de líquido do reservatório superior, conduzindo-o para o reservatório inferior; o reservatório superior era dotado de agitador e desnível de 4,5 m em relação às linhas de ensaio, onde o líquido era homogeneizado e conduzido por gravidade em direção às linhas de ensaio e, posteriormente, ao reservatório inferior, fechando-se o ciclo.

A perda de carga foi medida nas linhas de ensaio num trecho útil de 18 m de tubulação, por meio de 4 piezômetros, os quais eram constituídos de mangueiras de 20 mm de diâmetro, distanciados 6 m ao longo da tubulação.

A vazão dos fluidos circulantes foi medida por meio de diafragma previamente calibrado, instalado na tubulação derivada do reservatório superior.

A partir dos dados de perda de carga (J), concentração de sólidos totais (ST), vazão (Q) e diâmetro (D), estimaram-se os coeficientes do modelo de Sampaio (2000, 2001), Duffy & Titchener (1974) e Hazen-Williams modificado, utilizando-se o procedimento de regressão não-linear (Gauss Newton).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises física e química da água e da água residuária de avicultura (ARA). Observa-se que os valores de sólidos sedimentáveis e de peso específico da ARA aumentaram com a concentração de sólidos totais. A viscosidade aparente ( $\eta$ ) de todas as concentrações ARA apresentaram-se menores que a da água limpa.

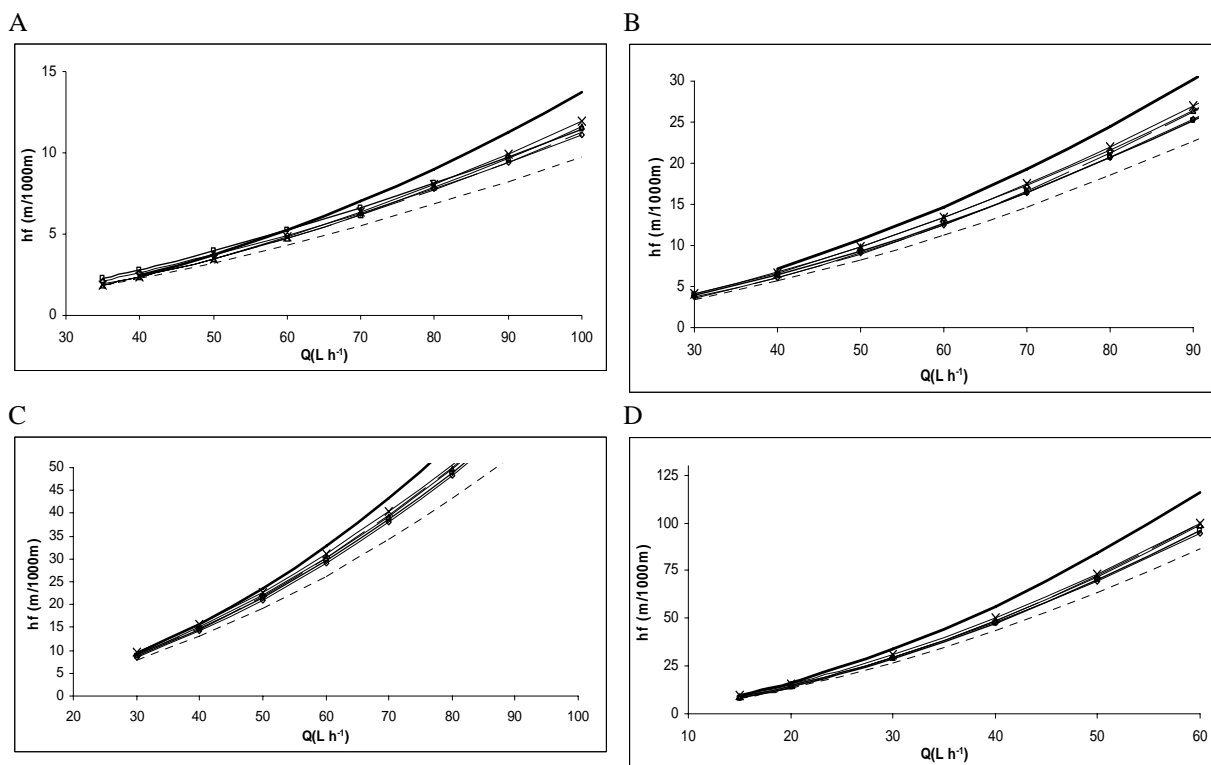
Tabela 1 - Valores das características física e química da água limpa e água residuária de avicultura (ARA).

| Característica / fluido circulante | Água    |          |           | ARA        |           |           |           |
|------------------------------------|---------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| ST (dag L <sup>-1</sup> )          | 0,01    | 0,26     | 0,46      | 0,73       | 0,94      | 1,63      | 2,89      |
| SD (mL L <sup>-1</sup> )           | <0,1    | 14       | 27        | 52         | 81        | 173       | 297       |
| $\gamma$ (kgf m <sup>-3</sup> )    | 999,48  | 1.003    | 1.004     | 1.006      | 1.004     | 1.009     | 1.015     |
| $\eta$ (Pa s)                      | 0,00130 | 0,000836 | 0,0007822 | 0,00085540 | 0,0002796 | 0,0007191 | 0,0002706 |
| pH                                 | 7,05    | 7,47     | 7,19      | 7,28       | 7,33      | 7,12      | 7,17      |

ST = sólidos totais; SD = sólidos sedimentáveis;  $\gamma$  = peso específico;  $\eta$  = viscosidade aparente; e pH = potencial hidrogeniônico.

Na Figura 1, estão apresentadas as curvas ajustadas relacionando perda de carga unitária (J) em função da vazão (Q), para água e seis concentrações de ARA, nos cinco diâmetros avaliados. Pode-se verificar, nessa figura, que a maior e a menor perda de carga sempre ocorreram para água e ARA na concentração de 0,46 dag L<sup>-1</sup>, respectivamente. Verifica-se uma tendência de que a perda de carga seja menor em fluidos de viscosidade menor que da água.

Para Azevedo Netto et al. (1998), no escoamento em tubos, mesmo em regime turbulento liso, sempre existe uma camada laminar junto às paredes, que, em algumas situações de escoamento, cobre boa parte da rugosidade das tubulações ensaiadas, diminuindo o atrito com o fluido, contribuindo para a redução da perda de carga em relação à água.



E

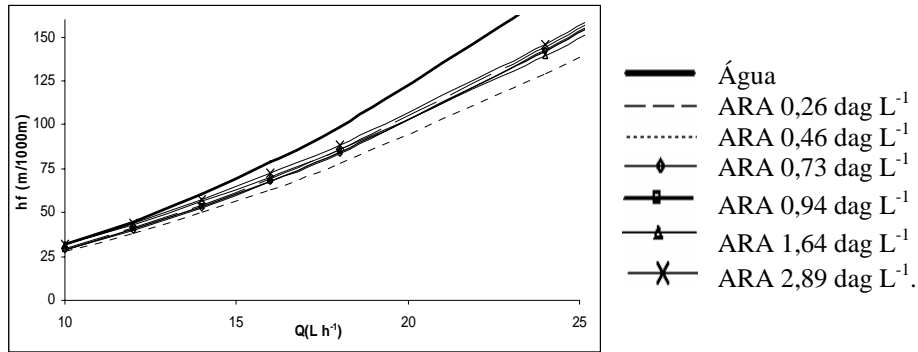


Figura 1 – Curvas ajustadas relacionando perda de carga unitária (J-m/1000m) em função da vazão ( $Q - m^3 h^{-1}$ ), para a tubulação de PVC nos diâmetros de (A) 153,53 mm; (B) 127,31 mm; (C) 103,22mm, (D) ) 79,90mm e (E) 52,61 mm.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos modelos de estimativa de perda de carga contínua baseados nas equações Sampaio (200,2001), Duffy e Titchener (1974) e Hazen-Williamns modificado, para os diferentes diâmetros e concentrações de ARA.

Tabela 2 - Equações ajustadas do fator de atrito (f) e perda de carga (J) para as diferentes concentrações de AR.

| Modelo                     | Equação ajustada   | R <sup>2</sup> |
|----------------------------|--|----------------|
| Sampaio (2000, 2001)       | $\frac{1}{\sqrt{f}} = -3,8660ST^{-0,0242}(\ln Re y)\sqrt{f} + 14,1297$ | 0,6255         |
| Duffy e Titchener (1974)   | $J = 0,0006946V^{1,7129}ST^{0,0310}D^{-1,1446}$                        | 0,9940         |
| Hazen-Williamns modificado | $J = \frac{10,649Q^{1,8518}}{C^{1,8523}D^{4,8712}}$                    | 0,9990         |

f - fator de atrito, adimensional; ST - concentração de sólidos totais, dag L<sup>-1</sup>; Rey, - número de Reynolds, adimensional; V - velocidade média do fluido, m s<sup>-1</sup>; D - diâmetro da tubulação, m; Q - vazão, m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>; e C - coeficiente de rugosidade, adimensional.

As estimativas de perda de carga que mais se aproximaram dos dados observados em campo foram os modelos de Duffy e Titchener (1974) e Hazen e Williams modificado, sendo que este último estimou a perda de carga mais próxima dos valores encontrados nos ensaios, subestimando, em média, a perda de carga para quaisquer vazões (Q), concentrações de sólidos totais (ST) ou diâmetros (D), apresentando, em geral, os menores erros médios e desvios padrão, justificando, portanto, seu melhor ajuste se comparados aos demais.

Ao utilizar a Equação Universal no cálculo do fator de atrito (f), verificou-se que para uma mesma vazão e diâmetro da tubulação, o valor do fator f diminuiu da água à concentração de sólidos totais 0,46 dag L<sup>-1</sup>, e aumentou da concentração de 0,46 dag L<sup>-1</sup> à 2,89 dag L<sup>-1</sup>. Assim, em certa concentração de sólidos totais não estudada, entre 0,46 dag L<sup>-1</sup> e 0,73 dag L<sup>-1</sup>, ocorreu inversão do comportamento do fluido quanto à perda de carga. Tagliaferre (2003) estudando perda de carga em tubos de polietileno conduzindo água

residuária de suinocultura, obteve comportamento semelhante, encontrando perda de carga menor que da água limpa em concentrações de sólidos totais que variaram de 1,15 a 1,75 dag L<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

A perda de carga nas tubulações de ferro galvanizado conduzindo ARA nas concentrações de sólidos totais avaliadas é menor do que para a água limpa, diminuindo até a concentração de 0,46 dag L<sup>-1</sup> e voltando a crescer daí até a concentração de 2,89 dag L<sup>-1</sup>. As equações empíricas ajustadas com a aplicação das metodologias de Duffy & Titchener e Hazen-Williams modificada, apresentaram bons ajustes, com coeficiente de determinação superiores a 0,95.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNADEZ, M. F.; ARAÚJO, R., ITO, A. E. Manual de hidráulica – 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 670p.

DUFFY, G. G.; TITCHENER, A. L. Design procedures for obtaining pipelines friction loss for chemical pulps. Tappi, Atlanta, v. 57, n. 5, p. 162-166, 1974.

SAMPAIO, S. C.; DENICULI, W.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. D.; CECON, P. R.; PINTO, F. A. Equações de perda de carga distribuída para tubulações comerciais conduzindo água residuária de bovinocultura. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.20, n. 2, p.108-118, 2000.

SAMPAIO, S. C.; DENICULI, W.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A. Perda de carga contínua em tubulações conduzindo água residuária da suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n. 3, p.391-396. 2001.

TAGLIAFERRE, C. Perda de carga em tubos de polietileno e entupimento de microaspersor operando com água residuária de suinocultura. 2003. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.