

PERDA DE CARGA CONTÍNUA DETERMINADA PELOS MÉTODOS DE DARCY-WEISBACH E HAZEN-WILLIAMS EM UMA LINHA LATERAL DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Eugenio Paceli de Miranda¹; Gilbenes Bezerra Rosal²; Tatiane Belo de Sousa Custódio³;
André Luiz Ribeiro Bicudo⁴; Jhon Lennon Bezerra da Silva⁵

RESUMO: A determinação da perda de carga tem importância fundamental no dimensionamento do sistema de irrigação, que inclui a escolha do diâmetro das tubulações dos diferentes trechos, a determinação do comprimento dessas tubulações, a definição das características hidráulicas dos emissores, pressão de serviço e vazão, a uniformidade de distribuição dos emissores, a quantidade de emissores por lateral, o número de laterais funcionando simultaneamente, as características do sistema de bombeamento e por fim o consumo de energia. Este estudo visa comparar a perda de carga contínua determinada pelos métodos de Darcy-Weisbach e Hazen-Williams de uma linha lateral de um sistema de irrigação por aspersão. Os resultados apresentados mostraram que o método de Hazen-W superestimou as perdas de cargas contínuas em relação ao método de Darcy-Weisbach, essa superestimação chegou a 40%.

PALAVRAS-CHAVE: Perda de carga, aspersão, dimensionamento.

CONTINUOUS HEAD LOSS DETERMINED BY THE DARCY-WEISBACH AND HAZEN-WILLIAMS METHODS ON A LATERAL LINE OF AN SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

ABSTRACT: The determination of the head loss is fundamental importance in the design of the irrigation system, which includes choosing the diameter of the pipes of the different sections, determining the length of these pipes, defining the hydraulic characteristics of the

¹ Prof. Doutor, IFCE, Campus Iguatu - CE. e-mail: paceli.miranda@gmail.com

² Mestrando em engenharia agrícola, UFC, Fortaleza, CE. e-mail: gilbenesbezerrarosal@gmail.com

³ Graduada em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, Campus Iguatu - CE. e-mail: tathyannabello@gmail.com

⁴ Prof. Doutor, Colégio Técnico Industrial "Prof. Isaac Portal Roldan", Unesp, Campus Bauru – SP. e-mail: andre.bicudo@unesp.br

⁵ Mestre em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE. Departamento de Engenharia Agrícola. e-mail: jhonlennoigt@hotmail.com

emitters, operating pressure and flow, the uniformity of distribution of the emitters, the number of emitters per line, the number of lines running simultaneously, the characteristics of the pumping system and finally the energy consumption. This study aims to compare the continuous head loss determined by the Darcy-Weisbach and Hazen-Williams methods of a lateral line of a sprinkler irrigation system. The results presented showed that the Hazen-Williams method overestimated the continuous load losses in relation to the Darcy-Weisbach method, this overestimation reached 40%.

KEYWORDS: Head loss, sprinkler, irrigation system sizing.

INTRODUÇÃO

A utilização da irrigação constitui um acréscimo tecnológico para a melhoria da produtividade de diversas culturas, sendo de suma importância o uso dos recursos hídricos. Além disso, em regiões onde há irregularidade de chuva a irrigação torna-se indispensável para garantir a produção agrícola (PERRONI *et al.*, 2015).

Os conhecimentos científicos de processos físicos que envolvem a condução de água para irrigação devem ser profundamente estudados, evitando-se possíveis simplificações que podem acarretar erros de dimensionamento hidráulico e energético (MELLO e CARVALHO, 1998).

Nos projetos de irrigação as perdas de carga totais são contabilizadas à máxima uniformidade de distribuição de água e selecionar um conjunto de motobomba mais eficiente ao sistema de irrigação (NETO *et al.*, 2013). A perda de carga continua representa a dissipação de energia da água em forma de calor ao longo da tubulação, decorrente da resistência ao escoamento oferecido pela viscosidade do fluido (PORTO, 2006; NETO *et al.*, 2013).

Em condutos forçados o estudo de perda de carga é fundamental e define basicamente a perda gradativa de energia da água devido ao contato com as paredes das tubulações, conforme os tamanhos das rugosidades e a velocidade da água constitui vários graus de perda de carga (AZEVEDO NETO; ALVAREZ, 1991).

Nos cálculos hidráulicos usuais, a equação de Darcy-Weisbach (D-W) é baseada em teor mais físico ou teórico e Hazen-Williams (H-W) de caráter mais empírico, estas são as equações preferidas entre os autores para o cálculo da perda de carga (YILDIRIM, ÖZGER, 2009).

Gomes (1997), Von Bernuth (1990) e Bernardo (1989) e identificam como mais criteriosa a equação de Darcy-Weisbach por envolver todas variáveis que influenciam na perda de carga. Contudo segundo Azevedo Neto e Alvarez (1991) a principal dificuldade de uso desta equação é determinar o fator de atrito f , que depende das características do fluxo e de alguns casos do material envolvido.

O objetivo deste trabalho foi comparar a perda de carga contínua em uma linha lateral de um sistema de irrigação por aspersão convencional determinadas pelas equações de Darcy-Weisbach e Hazen-Williams.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado comparando as perdas de carga contínua determinadas pelas equações de Darcy-Weisbach (Equação 1) e Hazen-Williams (Equação 2) em uma linha lateral de um sistema de irrigação por aspersão, variando o número de aspersores, comprimento e vazão da linha lateral. As características hidráulicas da linha lateral e do aspersor são mostradas na Tabela 1.

$$hf_{DW} = f \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g) \cdot F_n \quad (1)$$

$$hf_{HW} = (10,643/C^{1,85}) \cdot L \cdot (Q^{1,85}/D^{4,87}) \cdot F_n \quad (2)$$

Em que:

hf_{DW} - Perda de carga contínua pelo método de Darcy-Weisbach (m);

hf_{HW} - Perda de carga contínua pelo método de Hazen-Williams (m);

f - Fator de atrito (adimensional);

L - Comprimento da tubulação (m);

D - Diâmetro interno da tubulação (m);

v - Velocidade de escoamento ($m \cdot s^{-1}$);

g - Aceleração da gravidade ($g = 9,8 \cdot m \cdot s^{-2}$);

C - Coeficiente de Hazen-Williams (adimensional, $C = 140$);

F_n - Coeficiente de Christiansen para múltiplas saídas (adimensional).

O fator de correção de Christiansen (Fn) para múltiplas saídas foi calculado pela Equação 3.

$$Fn = ((1/(m+1))+(1/2N)+(((m-1)^{0.5})/6N^2)) \quad (3)$$

Em que:

m – expoente da velocidade (na equação de Darcy-Weisbach m = 2, adimensional) ou expoente da vazão (na equação de Hazen-Williams) m = 1,852, adimensional);

N – números de saídas.

Tabela 1. Características hidráulicas do aspersor e da linha lateral

Parâmetro	Características
Diâmetro da tubulação (m)	0,0762
Espaçamento entre aspersores (m)	12
Diâmetro dos bocais (mm)	5,0 x 4,5
Vazão do aspersor (m ³ h ⁻¹)	2,170
Pressão de Serviço (mca)	20
Temperatura da água (°C)	30
Coeficiente de (H-W)	140

Fonte: Autores

Usou-se a equação de Blasius (Equação 4) para calcular o fator de atrito da equação de Darcy-Weisbach (f) para regime turbulento, com o Número de Reynolds (Re) calculado pela Equação 5 e a viscosidade cinemática (γ) calculada em função da temperatura da água pela Equação 6.

$$f = 0,316/Re^{0,25} \quad (4)$$

$$Re=(v.D)/\gamma \quad (5)$$

$$\gamma = [1,146 - 0,031.(T - 15) + 0,00068.(T - 15)^2].10^{-6} \quad (6)$$

Em que:

Re - Número de Reynolds (adimensional);

γ - Viscosidade cinemática (m² s⁻¹);

T – Temperatura da água (°C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de cargas contínuas em função do número de aspersores e do comprimento da linha lateral, para os dois métodos e as diferenças entre eles, são mostradas na Tabela 2. Pode-se observar que de acordo com resultados obtidos no presente estudo as perdas de cargas contínuas determinadas pelo método de Hazen-Williams superestimaram as perdas de carga determinadas pelo método de Darcy-Weisbach.

As diferenças entre os dois métodos aumentaram com o aumento do número de aspersores e com o aumento do comprimento da linha lateral, chegando a mais de 40% de diferença, sendo o método de Hazen-Williams o que apresentou todas as vezes valores superiores.

Miranda *et al.*, (2018a) em um estudo que compara o consumo de energia elétrica em função do método de determinação da perda de carga contínua também verificaram que a equação de Hazen-Williams superestimou o método de Darcy-Weisbach, com uma diferença que chegou a próximo de 30% no valor da perda de carga. Resultados parecidos são apresentados por Miranda *et al.*, (2018b) quando compararam as duas equações no dimensionamento de uma linha de adução, esses autores verificaram uma superestimação do método de Hazen-Williams de aproximadamente 38%.

Esses resultados estão compatíveis segundo vários autores que afirmam que o método de Darcy-Weisbach é fisicamente mais correto. Pode-se atribuir parte das diferenças observadas ao coeficiente C de Hazen-Williams, tanto no que se refere ao seu valor propriamente dito, como também a variação desse coeficiente em relação à variação da vazão, como foi constatado por Araújo *et al.*, (2009).

Tabela 2. Perda de carga contínua em função do número de aspersores e do comprimento da linha lateral

Nº de aspersores	comprimento (m)	Perda de carga (m)		Δ (%)
		DW	HW	
5	60	0,155655	0,188844	21,32
6	72	0,246054	0,304636	23,81
7	84	0,364225	0,45864	25,92
8	96	0,513293	0,655799	27,76
9	108	0,696281	0,900959	29,40
10	120	0,916127	1,198881	30,86
11	132	1,175689	1,55425	32,20
12	144	1,47776	1,971685	33,42
13	156	1,825074	2,455745	34,56

14	168	2,220309	3,010934	35,61
15	180	2,666095	3,641707	36,59
16	192	3,165016	4,352473	37,52
17	204	3,719617	5,147597	38,39
18	216	4,332403	6,031407	39,22
19	228	5,005844	7,008193	40,00
20	240	5,742376	8,082208	40,75

Fonte: Autores

CONCLUSÕES

O método de determinação da perda de carga contínua apresenta uma influência muito grande para o dimensionamento dos sistemas de irrigação, nesse estudo observamos que a equação de Hazen-Williams superestimou as perdas de carga contínua em relação à equação de Darcy-Weisbach.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R.D.M.; MIRANDA, E.P.; BARBOSA, M.A.G.; MARTINS, G.S.; OLIVEIRA, T.C.; VIANA, K.C. Determinação do coeficiente perda de carga contínua “C” da equação de Hazen-W. IN: XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Montes Claros, MG, 2009.

AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVAREZ, G.A. **Manual de hidráulica**. 7.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1991. 335p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1989. 596p.

GOMES, H.P. **Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1997. 390p.

NETO, O.R.; BOTREL, T.A.; FRIZZONE, F.A.; PINTO, M.F.; CAMARGO, A. P. Quantificação Do Erro Na Determinação Da Perda Contínua De Carga Em Tubos Elásticos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1312-1321, nov./dez. 2013.

PERRONI, B.L.T; FARIA, L. C.; CARVALHO, J.A.; OLIVEIRA, H.F.E. Influência Do Custo Da Energia Elétrica E Do Material Da Tubulação Na Velocidade Econômica De Bombeamentos. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 13-20, janeiro-março, 2015.

ROCHA, H. S. **Rugosidade Superficial Interna de Tubos para Irrigação**. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em ciencias, área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas. Piracicaba, 2014.

MELLO, CARLOS ROGERIO; CARVALHO, J. A. Análise da equação de Hazen-Williams, associada aos regimes hidráulicos, para tubos de PVC e polietileno, de pequeno diâmetro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 2, p. 247-252, 1998.

MIRANDA, E.P.; ROSAL, G.B.; OLIVEIRA ALVES, J.V.; CUSTÓDIO, T.B.S; BEZERRA, T.R. Comparação do consumo de energia elétrica em função do método de determinação da perda de carga contínua. IN: Congresso Norte-Nordeste de pesquisa e inovação, novembro, 2018, Pernambuco.

MIRANDA, E.P.; ROSAL, G.B.; OLIVEIRA ALVES, J.V.; CUSTÓDIO, T.B.S; BEZERRA, T.R. Comparação do dimensionamento de uma linha de adução pelos métodos Darcy-Weisbach versus Hazen-Willians. IN: Congresso Norte-Nordeste de pesquisa e inovação, novembro, 2018, Pernambuco.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. 4 ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. 540 p.

VON BERNUTH, R.D. Simple and accurate friction loss equation for plastic pipe. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. New York, ASCE, v. 116, n. 2, p. 294-297, 1990.