

## ANÁLISE DA EQUAÇÃO DE MORRISON PARA TUBO DE POLIETILENO DE PEQUENO DIÂMETRO EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

KAMILLA DA SILVA MARTINS PITANA<sup>1</sup>; GUSTAVO BORGES LIMA<sup>2</sup>; JOSÉ HENRIQUE NUNES FLORES<sup>3</sup>; FELIPE D'AVILA<sup>4</sup>; HENRIQUE MATHIAS REIS<sup>5</sup>; LESSANDRO COLL FARIA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – kamillamartinspitana@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – gu\_poa@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidad Viña del Mar (UVM) – josenunesflores@hotmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – felipemd@outlook.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – henrique-m.reis@hotmail.com

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – lessandro.faria@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

A irrigação é considerada como um conjunto de práticas agrícolas, juntamente com equipamentos e técnicas adequadas que desempenham a complementação hídrica necessária das plantas, quando a precipitação não é suficiente. Existem diversas formas de irrigação, sendo elas em campos de futebol, condomínios residenciais com paisagismos ou agriculturas que necessitam do sistema de irrigação (ANA, 2021).

Áraujo et al. (2022) explica a importância da irrigação para aumentar a produção das culturas, no qual necessitam de água suficiente para o desenvolvimento eficiente. Porém, o excesso de água pode potencializar problemas nas plantas, resultando em uma diminuição na produção.

O sistema de irrigação por gotejamento é um importante caso, logo é possível analisar a influência dos emissores na perda de carga em um dimensionamento. A importância de dimensionamento em um sistema de irrigação está atrelada a topografia e a perda de carga, sendo fundamental considerar as geometrias do diâmetro do tubo, além de pressão e uniformidade (SILVA JUNIOR, 2020).

A perda de carga na tubulação com emissor deve ser estimada através de um modelo teórico na literatura, como a equação de Morrison (MOREIRA et al., 2022). Morrison (2013) relaciona o gama do número de Reynolds com o fluxo laminar até à transição, tendo uma correlação em tubos de pequeno diâmetro com o fator de atrito. Além disso, ressalta-se que a equação de Morrison como um modelo para suprir as necessidades de todos os regimes de escoamento, além da equação ter somente dependência de Reynolds (ARUMUGAM et al., 2022). Neste sentido, o presente estudo tem o objetivo realizar uma análise da equação de Morrison (2013) para o fator de atrito da perda de carga utilizado na equação universal de Darcy-Weisbach.

### 2. METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido através de ensaios realizados em uma bancada experimental, no Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas. Desta forma, com auxílio de alguns equipamentos, tais como manômetros diferenciais de mercúrio em U (graduado em milímetros), manômetro digital (0 a 20 m), medidor de vazão (0 a 3,5 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>), termômetro de mercúrio (graduado em 0,1°C), conjunto

moto bomba e reservatório de água, foram realizados os testes na bancada experimental (Figura 1).

Os ensaios foram realizados em tubulações de polietileno, com diâmetros de 14,2, 16,0 e 18,6 mm, no qual foram produzidas quatro repetições para cada diâmetro tubo seguiram o preconizado com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas sendo a NBR ISO 9261/2006 (ABNT, 2006). A vazão utilizada teve uma variação de 0,4 a 1,4 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, com carga de pressão constante de entrada de 20 mca.

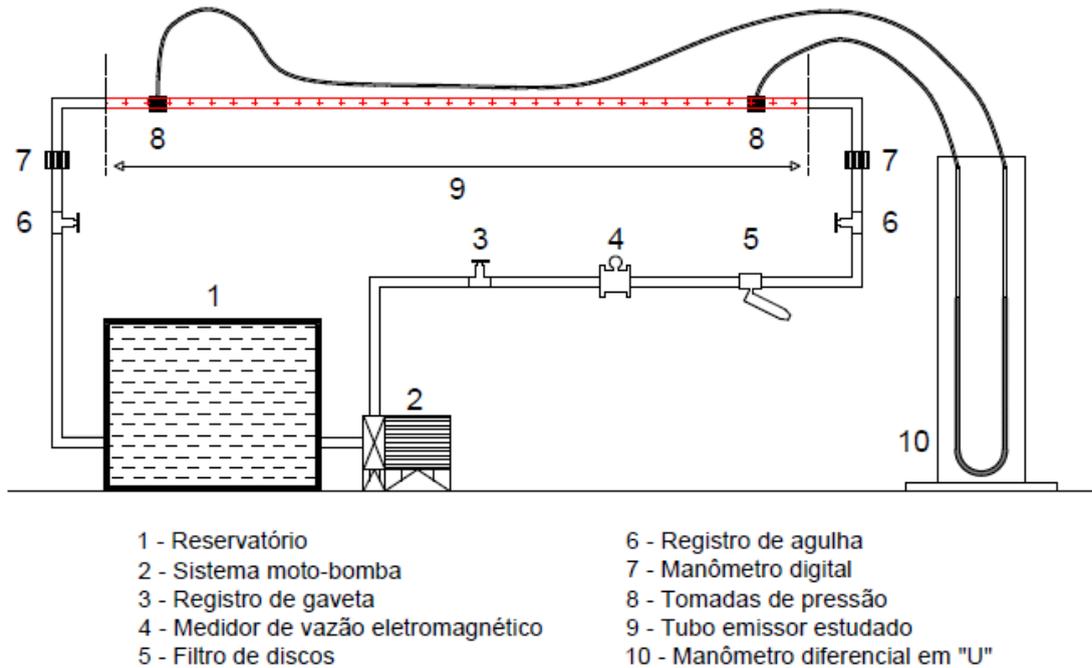


Figura 1- Modelo de Croqui da bancada experimental do sistema de irrigação.  
Fonte: Adaptado de Flores *et al.* (2017).

A equação de Morrison logo abaixo, foi utilizada para análise do fator de atrito estimado em relação a perda de carga estimada através da comparação pelo *software Excel*.

$$f = 4 \cdot \left( \frac{0.0076 \cdot \left( \frac{3170}{Re} \right)^{0.165}}{1 + \left( \frac{3170}{Re} \right)^{7.0}} \right) + \frac{16}{Re}$$

Onde:

*f*: Fator de atrito de Darcy (adimensional)

*Re*: Número de Reynolds (adimensional)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos abaixo apresentam uma tendência aos dados em função do Número de Reynolds ao erro relativo da perda de carga estimada ( $hf_e$ ) (Figura 2). Deste modo, é possível observar a aproximação dos valores ao zero, pois à medida que o diâmetro aumentou esse valor apresentou essa tendência, consequentemente os valores do diâmetro de 18,6 mm foi o que teve melhor

comportamento em relação a equação. Com isso, podemos observar que à medida que o diâmetro aumentou os desvios foram minimizados e dados errôneos foram diminuindo.

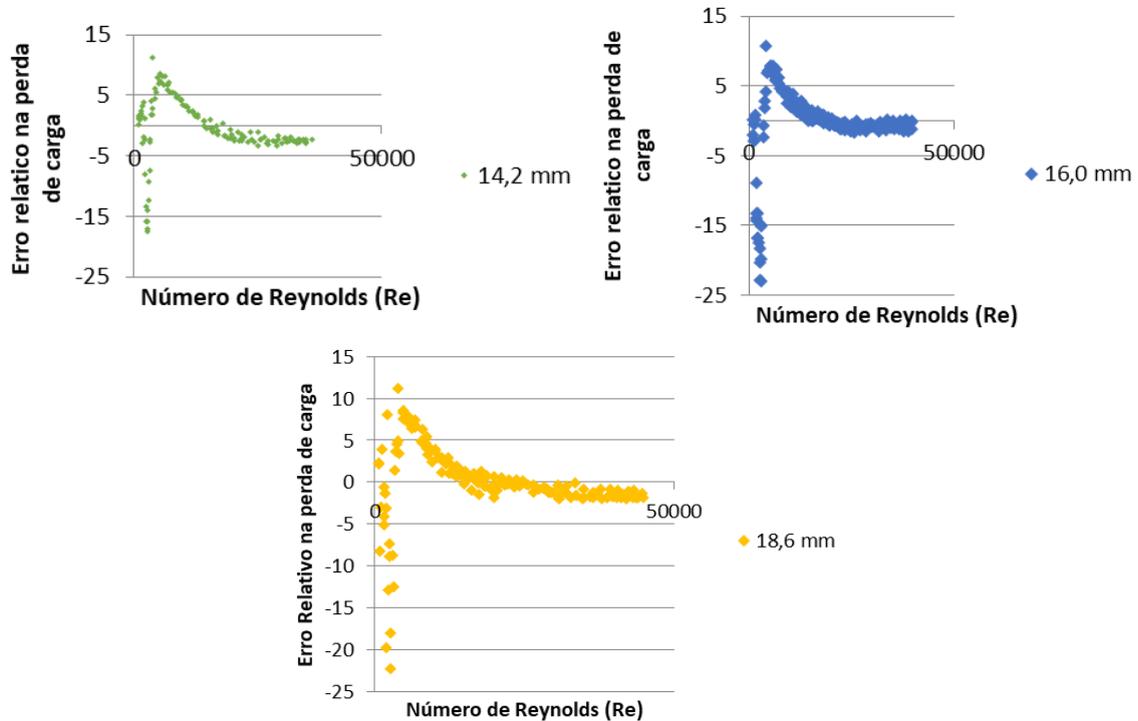


Figura 2: Gráficos de correlação na equação de Morrison.

A Tabela 1 apresenta o erro médio quadrático (RMSE), sendo o desvio médio dos dados de perda de carga estimada e erro relativo de perda de carga. Com isso, os dados mostraram uma boa performance, ou seja, os dados ficaram próximos de zero. Sendo assim, os dados do maior diâmetro apresentaram um melhor resultado para o fator de atrito estimado ( $f_e$ ) e o diâmetro de 16,0 mm obteve um resultado com maior afastamento de zero.

Tabela 1- RMSE para perda de carga em função da equação de Morrison

Diâmetro (mm)	Fator de atrito estimado ( $f_e$ )	Laminar	Transição	Turbulento
14,2	$1,8206 \times 10^{-3}$	$5,0269 \times 10^{-4}$	$6,8164 \times 10^{-3}$	$6,5298 \times 10^{-2}$
16,0	$2,2853 \times 10^{-3}$	$1,5486 \times 10^{-3}$	$6,2708 \times 10^{-3}$	$1,8819 \times 10^{-2}$
18,6	$1,7541 \times 10^{-3}$	$2,7093 \times 10^{-4}$	$2,9554 \times 10^{-3}$	$2,2938 \times 10^{-2}$

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que o diâmetro de 14,2 mm obteve valores com maior variação comparada com os demais diâmetros, o qual se afastou mais de zero, o diâmetro de 16,0 mm teve melhor comportamento em laminar e turbulento, porém para regime de transição variou consideravelmente, e o diâmetro 18,6 mm obteve valores satisfatórios em todos os escoamentos.

No estudo conduzido por Assefa e Kausha (2015), o qual aborda a análise da correlação do fator de atrito para tubos lisos com diferentes equações, também comparou a equação de Morrison (2013), demonstrando que a correlação dos dados resultaram em ótimos resultados para todos os regimes de fluxo. Além disso, demonstram que a equação teve resultados satisfatórios em precisão, com

um desvio padrão em 15%. Portanto, podemos analisar a confiabilidade para aplicações em projetos hidráulicos de sistemas de irrigação.

#### 4. CONCLUSÕES

A equação de fator de atrito de Morisson (2013) indicada para todos os regimes de escoamento apresentou pouca variação no RMSE, podendo ser indicada para cálculos de perda de carga distribuída. A equação de Morrison (2013) no fator de atrito nos ensaios conseguiu um resultado para todos os tipos de escoamentos. Sendo que o RMSE apresentou pouca variação.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR ISO 9261: equipamentos de irrigação agrícola. Emissores e tubos emissores. Especificação e métodos de ensaio 17p.

ASSEFA, K. M.; KAUSHAL, D. R. A comparative study of friction factor correlations for high concentrate slurry flow in smooth pipes. **Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Delhi**, India, 2015.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília; ANA, 2021a. 7p. Acessado em 09 set. 2023. Online. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>

ÁRAUJO, A. E. et al; Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Gergelim**. Embrapa. 2022. 1p.

FLORES, J.H.N. **Modelagem matemática da perda de carga em emissores integrados a tubulação de irrigação localizada**. 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

ARUMUGAM, Anandsundar *et al.* Comparative Analysis and Validation of Selected Explicit Equation Models for Determination of Darcy Friction Factor to Estimate Major Head Loss for a Pressurized Flow System. **Science & Technology Asia**, [S. l.], p. 216-235, 29 set. 2022.

MOREIRA, Carolina da Silva *et al.* Avaliação de sistema de irrigação por gotejamento para a produção de sementes agroecológicas no Sertão do Araripe –PE. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 2916-2921, 2022.

MORRISON, F. A. Data correlation for friction factor in smooth pipes. **Department of Chemical Engineering, Michigan Technological University, Houghton, MI**, v. 49931, 2013.

SILVA, Fernanda Oliveira da; JUNIOR, João Batista Tolentino. Otimização do dimensionamento hidráulico de uma subunidade de irrigação localizada. **Irriga, Inovagri**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 697-703, 2020.