

# SIMULAÇÃO DE PRESSÃO E VAZÃO AO LONGO DE TUBULAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO PRESSURIZADA<sup>1</sup>

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade<sup>2</sup>, Richard G. Allen<sup>3</sup>

**RESUMO:** Um modelo de computador foi desenvolvido para simular a distribuição de pressão e vazão ao longo de tubulação de sistemas de irrigação pressurizada. O programa roda em ambiente WINDOWS e é capaz de simular praticamente qualquer tipo de sistemas de irrigação por aspersão e localizada. A capacidade de predição do modelo foi testada através da comparação de pressões e vazões simuladas com dados medidos em dois sistemas de irrigação por aspersão. O modelo mostrou-se uma ferramenta prática na atualização e projeto de sistemas de irrigação pressurizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação, aspersão, modelo, simulação

**ABSTRACT:** A computer model was developed to simulate pressure and discharge simulation along pipes of pressurized irrigation systems. The program runs in the WINDOWS environment and it is capable of simulating practically any type of sprinkler irrigation systems and localized irrigation systems. The predictive capability of the model was tested by comparing simulated pressure heads and flow rates with measured data for two sprinkler irrigation systems. The model proved to be a practical tool for upgrading and designing pressurized irrigation systems.

**KEYWORDS:** Irrigation, sprinkler, model, simulation

**INTRODUÇÃO:** Entre muitos modelos desenvolvidos para trabalhar com irrigação pressurizada, alguns não são capazes de simular sistemas com tubulação em paralelo ou em “loop”, com mais de uma estação de bombeamento e com bombas combinadas em série e/ou paralelo. Outros não dispõem de interface gráfica o que os torna difícil de serem empregados de forma prática. Modelos desenvolvidos para sistema de distribuição de água em cidades são geralmente completos mas, em geral, não comportam o grande número de emissores presentes nos sistemas de irrigação pressurizada. Portanto, um novo modelo dotado de interface gráfica e capaz de simular pressão e vazão nos diversos tipos de sistemas de irrigação pressurizada necessitava ser desenvolvido.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Equações fundamentais da mecânica dos fluidos (Jeppson, 1977; Flammer et al., 1986;) foram aplicadas para descrever o fluxo de água em bombas, tubulações, laterais e emissores de sistemas de irrigação pressurizada. O sistema de equações gerado foi resolvido empregando o método Newton-Raphson (Jeppson, 1977;

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de PhD apresentada pelo primeiro autor à Utah State University.

<sup>2</sup> M. Sc. em Irrigação e Drenagem, CNPMS, Caixa Postal 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas-MG, Fone (031) 773 5644, Fax (031) 773 9252, e-mail camilo@cnpms.embrapa.br.

<sup>3</sup> PhD em Engenharia de Irrigação, BIE/Utah State University, Logan, UT 84322-4105, e-mail AllenRic@cc.usu.edu.

Kincaid & Cheney, 1991). Pressões e vazões simuladas pelo modelo foram comparadas com dados coletados em dois sistemas de irrigação por aspersão.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A vazão da bomba do Snake River foi superestimada em 0,6% enquanto a pressão foi subestimada em 0,4%. Para a bomba de reforço número dois, o modelo subestimou a vazão em 4,3% e superestimou a pressão em 0,4%. O erro na vazão e pressão da bomba de reforço número três foi menor que 5% (Tabela 1). Tais valores indicam que, apesar da complexidade e idade do sistema de irrigação testado, o modelo conseguiu prever pressão e vazão nas estações de bombeamento com considerável precisão. Os valores simulados de pressão no início e final das linhas laterais de irrigação estiveram ora acima ora abaixo dos valores medidos, mas próximos o suficiente do ponto de vista prático (Tabela 2). A estatística RMSE foi 4,1% para a pressão no início das laterais e 2,1% para a pressão no final das laterais. Esses valores obtidos a partir da análise combinada das 23 laterais testadas, incluindo quatro pivot centrais, expressam a potencial precisão do modelo para simular sistemas de irrigação pressurizados.

**CONCLUSÕES:** O modelo simulou pressão e vazão com precisão suficiente para permitir o seu emprego como ferramenta para avaliação, atualização e projeto de sistemas de irrigação pressurizada, desde que algumas observações de campo sejam fornecidas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

FLAMMER, G.H.; JEPSON, R.W.; KEEDY, H.F. **Fundamental principles and applications of fluid mechanics**. Department of Civil and Environmental Engineering, 1986.

JEPSON, R.W. **Analysis of low in pipe networks**. Ann Arbor Science, 1977.

KINCAID, D.R.; CHENEY, E.W. **Numerical analysis-mathematics of scientific computing**. Brooks/Cole Publishing, 1991.

TABELA 1- Valores medidos e simulados de pressão e vazão em três estações de bombeamento, Fazenda Milo Call, 1995.

	Medido		Simulado		Erro em Q (%)	Erro em H (%)
	Q <sup>1</sup>	H <sup>2</sup>	Q	H		
	(l/s)	(m)	(l/s)	(m)		
Bomba no Snake River	453,37	140,76	450,46	141,37	-0,6	0,4
Bomba de Reforço No. 2	19,12	23,22	18,30	23,32	-4,3	0,4
Bomba de Reforço No. 3	66,81	28,16	63,66	29,53	-4,7	4,9

1- Vazão; 2- Pressão.

TABELA 2 - Valores medidos e simulados de pressão no início e final de linhas laterais e valores de RMSE<sup>1</sup>, Fazenda Milo Call, 1995.

Lateral	Medido		Simulado	

	Hus <sup>2</sup>	Hds <sup>3</sup>	Hus	Hds
	(m)			
L1	45,75	46,45	46,12	42,27
L2	45,75	33,07	44,50	33,47
L3	46,45	30,97	39,41	29,05
L4	45,38	46,45	44,38	45,63
L5	52,79	54,89	52,52	54,65
L6	38,01	43,62	37,61	48,98
L7	38,71	43,62	38,62	43,89
L8	24,63	37,31	25,21	37,49
L9	28,86	35,17	28,77	35,54
L10	21,82	41,51	21,34	40,81
L11	38,71	38,01	38,10	38,07
L12	37,31	42,91	37,43	43,25
L13	37,31	36,61	38,31	38,77
W1	55,59	44,35	56,33	44,62
W2	52,79	42,12	52,85	41,21
W3	33,77	32,98	33,74	32,86
W4	27,46	37,31	27,25	36,88
W5	32,37	35,17	32,58	34,72
W6	28,16	31,67	28,62	31,58
P1	64,04	24,63	64,31	24,50
P2	38,71	30,97	39,23	30,54
P3	30,24	21,13	29,81	19,93
P5	28,86	34,47	29,99	34,69
RMSE (%)	-	-	4,1	2,1

$$1- \text{ Erro padrão médio relativo } RMSE = \frac{\sqrt{\left(\frac{\sum (H_m - H_s)^2}{n}\right)}}{\frac{\sum H_m}{n}} 100 \text{ onde } H_m \text{ é a pressão medida, } H_s \text{ é a}$$

pressão simulada e n é o numero de observações; 2- Pressão no inicio da lateral; 3- Pressão no final da lateral.