

**INFLUÊNCIA DO MODELO CONSTRUTIVO DA PLACA DIFUSORA NA PERDA
DE CARGA EM FILTROS DE AREIA UTILIZADOS NA IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA**

Gabriel Dlouhy Alcon¹, Fábio Ponciano de Deus², Adriano Valentin Diotto³, Nicolas Antônio Baptistella Zuleta⁴, Yimga Nana⁵

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de duas placas difusoras, original e proposta, na perda de carga em filtro de areia comercial utilizado na irrigação localizada, com escoamento no mesmo sentido da filtragem (descendente) e sem leito filtrante. Comparou-se o comportamento hidráulico entre a placa difusora original (plana com bordas) e uma placa proposta. O experimento foi realizado no Laboratório de Irrigação do departamento de Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, para as taxas de filtragem de 20, 30, 40, 50, 60, 75 e 100 m³m⁻²h⁻¹. Os resultados mostram que os valores de perda de carga das duas placas difusoras diferem estatisticamente para todas as taxas de filtragem, sendo que a placa proposta obteve os valores mais baixos, levando a hipótese de que, quando em condições de filtro cheio (com areia), haverá menor revolvimento da superfície filtrante e consequentemente melhora na eficiência de remoção. A pesquisa mostrou que o modelo construtivo da placa difusora influencia significativamente no comportamento hidráulico do filtro de areia.

PALAVRAS-CHAVE: Filtro de areia, perda de carga, placa difusora

**INFLUENCE OF THE CONSTRUCTIVE MODEL OF THE DIFFUSER PLATE ON
HEAD LOSS IN SAND FILTERS USED IN LOCALIZED IRRIGATION**

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the influence of two diffusing plates, original and proposed, on the pressure drop in a commercial sand filter used in localized irrigation, with flow in the same direction as the filtering (downward) and without filtering bed.

¹ Mestrando, Universidade Federal de Lavras, (35)992230443, gabriel.alcon@estudante.ufla.br

² Doutor, Universidade Federal de Lavras, (35) 3829-1390, fabio.ponciano@ufla.br

³ Doutor, Universidade Federal de Lavras, (35)3829-1664, adiano.diotto@ufla.br

⁴ Graduando, Universidade Federal de Lavras, (15)99611-4605, nicolas.zuleta@estudante.ufla.br

⁵ Graduando, Universidade Federal de Lavras, (31)99481-1907, nanayimga@estudante.ufla.br

The hydraulic behavior between the original diffuser plate (flat with edges) and a proposed plate was compared. The experiment took place in the Irrigation Laboratory of the Department of Water Resources of the School of Engineering of the Federal University of Lavras, for filtration rates of 20, 30, 40, 50, 60, 75 and 100 $\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$. The results show that the pressure drop values of the two diffuser plates differ statistically for all filtering rates, and the proposed plate obtained the lowest values, leading to the hypothesis that, when under full filter conditions (with sand), there will be less disturbance of the filtering surface and consequently an improvement in the removal efficiency. The research showed that the constructive model of the diffuser plate influences significantly the hydraulic behavior of the sand filter.

KEYWORDS: Sand filter, head loss, diffuser plate

INTRODUÇÃO

Os filtros de areia são equipamentos utilizados no tratamento físico da água, com desempenho superior na remoção de sólidos orgânicos, principalmente algas, quando comparado aos filtros de disco e de tela (TESTEZLAF et al., 2008). Internamente os filtros de areia são equipados com placa difusora e sistema de drenagem, que influenciam significativamente no comportamento hidráulico do equipamento (MESQUITA, 2014).

O uso do equipamento é dividido em filtração (remoção de sólidos em suspensão na água pela passagem forçada por um leito filtrante) e retrolavagem (processo de limpeza do equipamento pela passagem no sentido ascendente, promovendo a expansão do leito filtrante), sendo processos diferentes e complementares (TESTEZLAF et al., 2014).

Especificamente no processo de filtração, a placa difusora é a estrutura principal, onde é responsável por impedir que o fluido colida diretamente com a camada filtrante, reduzindo sua energia cinética, além de distribuir o fluido uniformemente pelo leito filtrante (TESTEZLAF, 2008). A colisão do fluido com a placa difusora promove a criação de vórtices, que ao atingirem a superfície da camada filtrante causam revolvimentos do leito, resultando em incremento da perda de pressão, e podendo diminuir a remoção de contaminantes pela criação de caminhos preferenciais (DEUS et al., 2013; MESQUITA et al., 2019). Mesquita et al. (2019) salientaram que o desenvolvimento tecnológico da placa difusora com bases técnico-científicas é imprescindível para atingir a melhor eficácia no uso do filtro de areia, tanto do ponto de vista energético, quanto do ponto de vista da remoção de contaminantes.

A variação da perda de carga em filtros de areia se dá em função da taxa de filtração, e sofre variações com diferentes modelos de placas difusoras torna-se importante compreender

como é o comportamento hidráulico dos filtros de areia, principalmente em seu uso no cálculo da altura manométrica total dos projetos de irrigação bem como na escolha correta do conjunto moto bomba. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de duas placas difusoras, original e proposta, na perda de carga em filtro de areia comercial utilizado na irrigação localizada, com escoamento no mesmo sentido da filtração (descendente) e sem leito filtrante.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Irrigação do departamento de Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFLA, localizado em Lavras – MG (21°14'S, 45°00'O e 910 m), mesorregião do Campos das Vertentes.

Realizou-se a caracterização hidráulica de um modelo comercial de filtro de areia da marca Hidro Solo, modelo FA07 (40 cm de diâmetro e 60 cm de altura), variando o tipo de placa difusora (Placa difusora plana com borda - original do equipamento (P1), e Placa difusora projetada (P2)). A Figura 1 apresenta o modelo de filtro de areia avaliado com detalhes das partes internas, e a Figura 2 apresenta os modelos de placa difusora avaliadas.

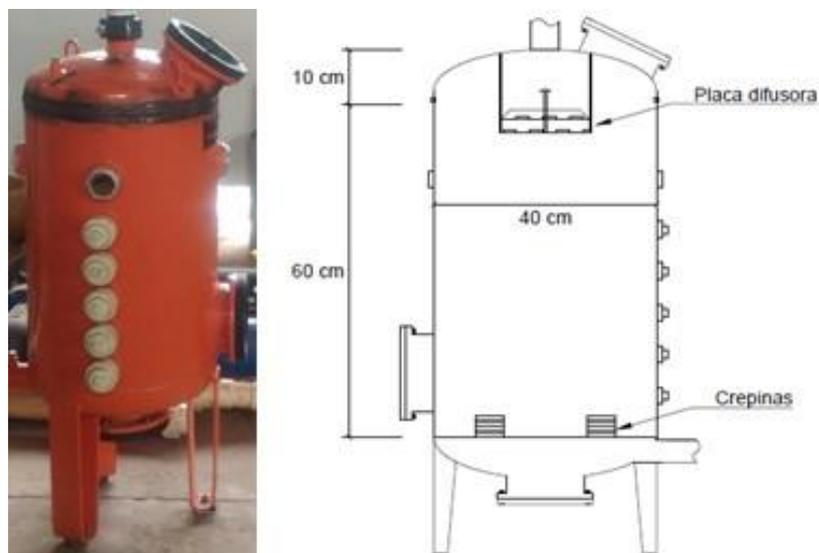


Figura 1. Filtro de areia Hidro Solo FA07



Fonte: MESQUITA, 2014.

Figura 2. Detalhe da placa difusora original do equipamento (P1) (A), e da placa difusora proposta por Mesquita et al. (2019), com dimensões adaptadas para as dimensões dos filtros (P2) (B).

A Figura 3 apresenta as dimensões das placas difusoras avaliadas, onde a placa P2 foi construída com dimensões proporcionais à placa difusora desenvolvida por Mesquita (2014), utilizando da relação de diâmetros dos filtros (40 cm / 50 cm).

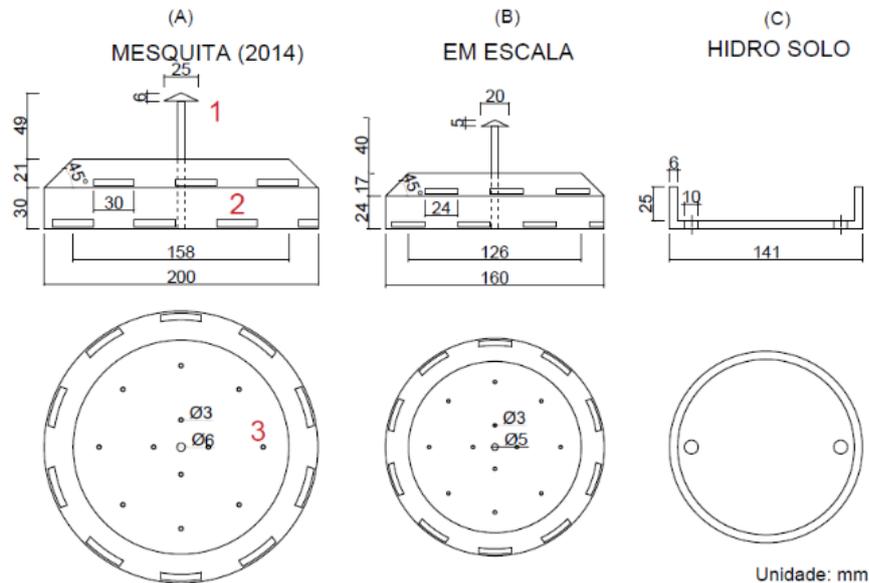


Figura 3. Descrição das placas difusoras: Placa proposta por Mesquita (2014) (A), placa proposta por Mesquita adaptada às dimensões do filtro (B) (P2), e placa original da empresa (C) (P1).

Os ensaios foram realizados em um módulo experimental em circuito fechado de circulação da água (Figura 4). A caracterização hidráulica do equipamento foi realizada variando-se a taxa de filtração (vazão por unidade de área transversal do filtro de areia), através de um sensor de vazão (1) do tipo rotor (Signet 3-2536-P0), o qual foi calibrado para as condições do experimento. Através de duas tomadas de pressão do tipo integral, alocadas antes e depois do filtro de areia a uma distância de 5 vezes o diâmetro da tubulação, de acordo com a norma ANSI/ASAE S539 MAR1994 (R2008), mediu-se o diferencial de pressão, onde as tomadas (2) estavam conectadas a um transdutor de pressão diferencial (3) modelo MPX 5700DP, calibrado para as condições experimentais através de um manômetro de coluna em U. Para controle da vazão utilizou-se um registro de gaveta (4) instalado após a tomada de pressão integral de saída, e para o ajuste fino utilizou-se um inversor de frequência ligado ao conjunto motobomba. Os dados de taxa de filtração e perda de pressão foram armazenados em uma placa de aquisição de dados “Campbell Scientific CR10”, com valores médios a cada minuto de avaliação.

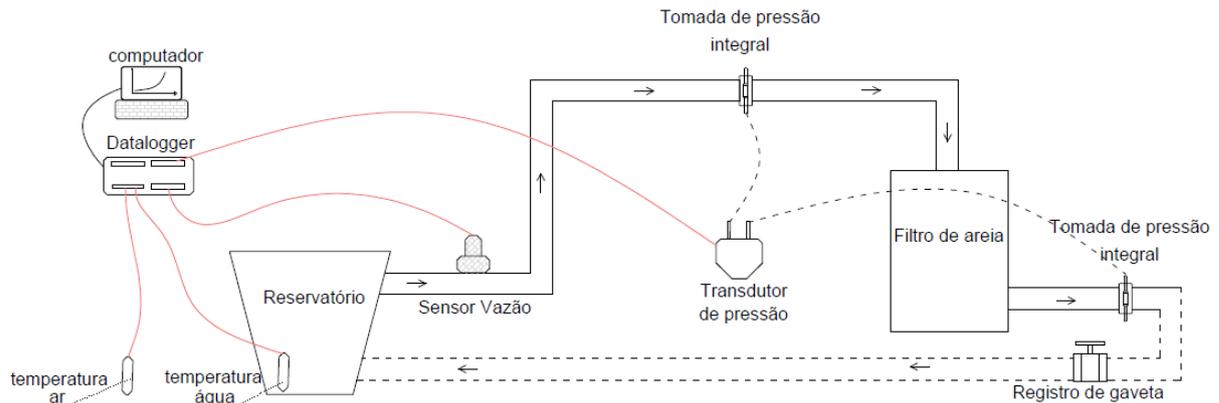


Figura 4. Croqui do módulo experimental.

As taxas de filtração utilizadas foram de 20, 30, 40, 50, 60, 75 e 100 ($\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{h}^{-1}$), ensaiadas por cinco minutos cada, e repetidas três vezes.

A partir dos dados coletados foram realizadas análises de regressão para cada placa difusora, determinando-se o modelo matemático que melhor representa o comportamento hidráulico do filtro de areia para cada placa difusora, e posteriormente realizou-se o teste de Tukey com 5% probabilidade, para comparar as perdas de pressão para cada placa considerando as mesmas taxas de filtração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam a análise de regressão entre a perda de carga e a taxa de filtração para as placas difusoras P1 e P2 respectivamente.

Os modelos matemáticos quadráticos e cúbicos, para ambas as placas, não apresentaram todos os coeficientes significativos. Contudo, já para o modelo exponencial, tanto para placa difusora P1, como para P2, apresentou-se significativo, corroborando com Mesquita et al. 2012; de Deus et al, 2014, onde o modelo exponencial foi utilizado para representar a perda de carga em função da taxa de filtração.

Tabela 1. Análise de regressão entre a perda de carga e a taxa de filtração para o filtro de areia com placa difusora P1.

Modelo	R ²	Parâmetro	Estimativa	Dev. P	t	P
Exponencial $f = a \cdot \exp(b \cdot x)$	0.9466	a	1.3505	0.1935	6.98**	<0.0001
		b	0.0259	0.0016	16.02**	<0.0001
Quadrático $f = y_0 + a \cdot x + b \cdot x^2$	0.9542	y ₀	1.5006	1.3770	1.09	0.29
		a	-0.0248	0.0517	-0.48	0.64
		b	0.0019	0.0004	4.41**	0.00
Cúbico $f = y_0 + a \cdot x + b \cdot x^2 + c \cdot x^3$	0.9543	y ₀	2.0585	3.4137	0.60	0.55
		a	-0.0625	0.2164	-0.29	0.78
		b	0.0026	0.0040	0.64	0.53
		c	0.0000	0.0000	-0.18	0.86

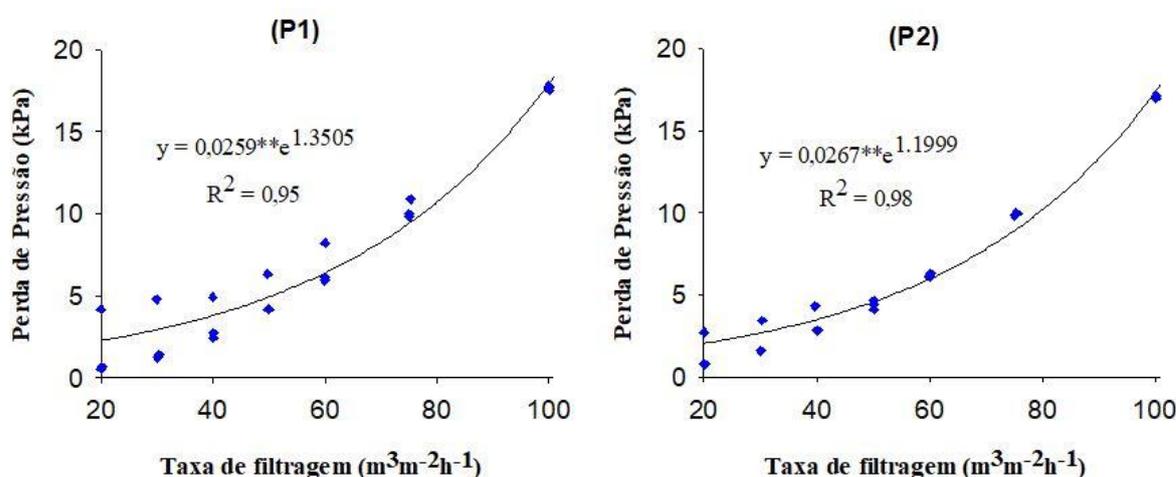
Os valores com ** são significativos a 5% de probabilidade pelo teste de t.

Tabela 2. Análise de regressão entre a perda de carga e a taxa de filtração para o filtro de areia com placa difusora P2.

Modelo	R ²	Parâmetro	Estimativa	Dev. P	t	P
Exponencial $f = a \cdot \exp(b \cdot x)$	0.9792	a	1.1999	0.1114	10.77**	<0.0001
		b	0.0267	0.0010	25.70**	<0.0001
Quadrático $f = y_0 + a \cdot x + b \cdot x^2$	0.9878	y0	1.2784	0.6863	1.86	0.08
		a	-0.0266	0.0258	-1.03	0.32
Cúbico $f = y_0 + a \cdot x + b \cdot x^2 + c \cdot x^3$	0.9878	b	0.0018	0.0002	8.76**	<0.0001
		c	0.0000	0.0000	-0.06	0.95
		y0	1.3747	1.7115	0.80	0.43
		a	-0.0331	0.1084	-0.31	0.76
		b	0.002	0.0020	0.98	0.34
		c	0.0000	0.0000	-0.06	0.95

Os valores com ** são significativos a 5% de probabilidade pelo teste de t.

A Figura 5 ilustra o comportamento da perda de carga em função da taxa de filtração para as placas difusoras P1 e P2.

**Figura 5.** Perda de pressão dos filtros com placas difusoras P1 (A) e P2 (B) em relação a taxa de filtração.

A fim de se verificar se existe diferença significativa entre a perda de pressão ocorrida nas duas placas difusoras para uma mesma taxa de filtração, na Tabela 3 é apresentado o resultado do teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Comparação da perda de carga entre as placas difusoras P1 e P2.

Taxa filtração (m³m⁻²h⁻¹)	Perda de Pressão (kPa)			
	P1		P2	
20	2.27	a	2.05	b
25	2.58	a	2.34	b
30	2.94	a	2.67	b
35	3.34	a	3.05	b
40	3.81	a	3.49	b
45	4.33	a	3.99	b
50	4.93	a	4.56	b
55	5.61	a	5.21	b
60	6.39	a	5.96	b
65	7.27	a	6.81	b
70	8.28	a	7.78	b
75	9.42	a	8.89	b
80	10.73	a	10.16	b
85	12.21	a	11.61	b
90	13.90	a	13.27	b
95	15.82	a	15.16	b
100	18.01	a	17.33	b

Valores estimados seguidos da mesma, na mesma linha, letra não diferem significativamente um nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey.

Para todas as taxas de filtração avaliadas observou-se diferença significativa da perda de pressão entre a placa difusora P1 e P2. Isso mostra como o modelo construtivo da placa difusora modifica o comportamento hidráulico do filtro de areia em condições vazias concordando com Mesquita et al. (2012) e Deus et al. (2013).

O filtro de areia com a placa difusora projetada (P2) apresentou os menores valores de perda de pressão, possivelmente por produzir menor turbulência após a colisão com a placa difusora, garantindo melhor distribuição da água. A placa P2 (Figura 2) apresenta aberturas laterais (1), furos na base (2) e um mini difusor (3) que distribuem a água de forma mais uniforme do que a placa P1, promovendo vórtices menos intensos, o que explica a menor perda de pressão da placa P2, como demonstrado por Mesquita et al., 2019 através da fluidodinâmica computacional, podendo-se também observar como a intensidade dos vórtices aumentam com aumento da taxa de filtração.

Esta observação quando o filtro está sem leito filtrante é importante, pois quando o mesmo está cheio (com meio filtrante) os vórtices que são atenuados promovem menores revolvimentos da superfície do leito filtrante, levando a menores deformações o que evita a formação de caminhos preferencias para o fluido permitindo um uso mais efetivo da areia quando comparado a placas que promovem maior perda de carga.

CONCLUSÕES

Para condições de filtro de areia vazio a perda de carga sofre influência significativa do modelo construtivo da placa difusora, onde o modelo de placa proposto se mostrou melhor que o modelo original.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS – ASABE EP405.1. **Design and installation of microirrigation systems**. St. Joseph, MI, 1993. 6p.

BURT, C. M. **Hydraulics of commercial sand media filter tanks used for agricultural drip irrigation: criteria for energy efficiency**. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center, 2010, 35p. Disponível em: <www.itrc.org/reports/mediafilters.htm>. Acesso em: set. 2010.

DEUS, F. P. de; TESTEZLAF, R.; MESQUITA, M. Efeito das dimensões da placa difusora no comportamento hidráulico de um modelo comercial de filtro de areia. **Engenharia Agrícola**, v. 33, p. 560-568, 2013.

DEUS, F. P. de. **Eficiência de remoção nos processos de filtração e retrolavagem em filtros de areia pressurizados**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP. 2014. 150p.

MESQUITA, M. **Avaliação dos componentes hidráulicos e do material filtrante em filtros de areia utilizados na irrigação**. Tese (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. 120f.

MESQUITA, M. **Desenvolvimento tecnológico de um filtro de areia para irrigação localizada**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014. 169f.

MESQUITA, M.; TESTEZLAF, R.; RAMIREZ, J. C. S. The effect of media bed characteristics and internal auxiliary elements on sand filter head loss. **Agricultural Water Management**, v. 115, p. 178-185, 2012.

MESQUITA, M; DEUS, F. P. de; TESTEZLAF, R.; DIOTTO, A. V. Design and hydrodynamic performance testing of a new pressure sand filter diffuser plate using numerical simulation. **Biosystems Engineering**, v. 183, p. 58-69, 2019.

PIZARRO, F. C. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513p.

TESTEZLAF, R. Filtros de areia aplicados à irrigação localizada: teoria e prática. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 604-613, 2008.

TESTEZLAF, R.; DEUS, F. P. de; MESQUITA, M. **Filtros de areia na irrigação localizada**. Campinas (SP): Unicamp, 2014. 66p.