

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA BARRA DE IRRIGAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA PARA CASA DE VEGETAÇÃO

Vinícius Maia Costa¹, Marcos Vinícius Folegatti², Roberto Terumi Atarassi³, Sergio Nascimento Duarte⁴, Nildo da Silva Dias^{5*}, Claudio Ricardo da Silva⁶

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma barra móvel de irrigação semiautomática para ser usada em casa de vegetação e, ou ambiente protegido. A barra de irrigação foi montada no interior de uma casa de vegetação retangular na área experimental do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, LEB/ESALQ – USP, Piracicaba, SP. O mecanismo de guia e sustentação da barra de irrigação foi composto por dois trilhos metálicos dispostos horizontalmente e longitudinalmente em cada lateral, a uma altura de 2,00 m, distanciados entre si de 6,30 m. A tração da barra foi feita por um motor elétrico trifásico com um redutor de 1:800. A barra foi composta por 2 linhas (tubos) de PVC rígido, com diâmetro de 3/4 de polegada e comprimento de 4 m. Cada linha de irrigação continha dois bicos tipo “leque”, com vazão nominal de $1,8927 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ com pressão de serviço de 275 kPa. A automatização do sistema de irrigação foi realizada com um inversor de frequência em um painel de comando com acionamento manual, porém com desligamento automático. O sistema de irrigação foi avaliado em duas etapas, para determinação da uniformidade de aplicação das lâminas de irrigação. Considerando a necessidade cada vez maior de aproveitamento da casa de vegetação, menores lâminas e maior eficiência na aplicação de água, o sistema mostrou-se adequado, aplicando lâminas de 2,826 a 1,015 mm.

Palavras-chave: manejo de água, automação na agricultura, ambiente protegido.

¹Eng. Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia de Biossistema, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba-SP. E-mail: vinicius.costa@lindsay.com.br

²Eng. Agrônomo, Doutor em solos e nutrição de plantas, Departamento de Engenharia de Biossistema, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba-SP. E-mail: mvfolega@usp.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-Minas Gerais, Brasil. E-mail: robertota@ufu.br

⁴Eng. Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN. E-mail: nildo@ufersa.edu.br

⁵Eng. Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia de Biossistema, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba-SP. E-mail: snduarte@usp.br

⁶Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-Minas Gerais, Brasil. E-mail: claudio@ufu.br

*Autor Correspondente.

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF SEMI-AUTOMATIC IRRIGATION BOOM FOR GREENHOUSE

ABSTRACT

The aim of this work was development a semi-automatic moving boom irrigation for use in greenhouse and/or container. The system was mounted in a rectangular greenhouse located at the experimental area of the Department of Biosystems Engineering of ESALQ/USP, Piracicaba/SP, Brazil. The support and guide mechanism were composed by two metal rails disposed horizontally and longitudinally on each wall at a height of 2.00 m and 6.30 m apart from each other. The traction was composed by a three-phase electric motor with 1:800 reducer. The boom arm was consisted by two lines (tubes) of rigid PVC with a diameter of $\frac{3}{4}$ " and 4 m of length. Each line had two fan nozzles type with nominal flow rate of $1.8927 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ at 275 kPa. The automation of the irrigation system was performed with a frequency inverter installed in a control panel with manual started but automatic shut off. The irrigation system was evaluated in two steps to determine the application uniformity. Considering the increase for space in greenhouse, low depths and high-water application efficiency, the irrigation boom was adequate, applying depths from 2.826 to 1.015 mm.

Keywords: water management, automation in agriculture, crop protected.

INTRODUÇÃO

O cultivo em ambiente protegido proporciona diversas vantagens em relação ao cultivo tradicional, como a proteção das plantas contra as adversidades climáticas, o aumento da produtividade, a maior eficiência na utilização de água e de fertilizantes. Além do controle parcial das condições edafoclimáticas, estes ambientes permitem o cultivo em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção em campo aberto (DERMITAS; AYAS, 2009).

Contudo, não basta proteger os cultivos com telados, resguardando-os de chuvas intensas e frequentes, se as condições reproduzidas no ambiente do cultivo protegido não forem ideais em termos de solo, água e nutrientes. Por exemplo, a irrigação é a única forma de fornecimento de água às plantas cultivadas em ambiente protegido e, sob tais condições, esta técnica torna-se imprescindível e o seu manejo é essencial para o sucesso do empreendimento (CARVALHO et al., 2011).

Estudos têm demonstrado que a prática de cultivo em ambiente protegido, associada ao manejo criterioso da irrigação, contribui com o aumento na produtividade de diversas hortaliças, bem como na melhoria da qualidade do produto (GERVÁSIO et al.,

2007; ZENG et al., 2009; BILIBIO et al., 2010).

Atualmente, em razão da utilização de recipientes menores (tubetes) para a produção de mudas, com reduzido reservatório hídrico para as plantas, a quantidade de água aplicada é vital.

A falta ou excesso pode restringir o crescimento das plantas e comprometer a produção e a qualidade dos produtos (TESTEZLAF et al. 2002). Por isso, é importante realizar irrigações frequentes, de baixo volume e uniforme. Ainda, o aumento na uniformidade possibilita a aplicação de adubos juntamente com a água de irrigação (fertirrigação).

Como as irrigações são mais frequentes, a possibilidade de automação torna o sistema mais atrativo, pois reduz o gasto com mão de obra. Além disso, as irrigações podem ser programadas para os horários mais adequados. Desse modo, sistemas de irrigação com inúmeros equipamentos de boa qualidade, que automatizam e facilitam a sua utilização, têm sido bastante utilizados nos ambientes protegidos, principalmente devido à alta precisão da automação, que resulta em maior eficiência do uso da água.

Além disso, em razão da iminente cobrança pelo uso da água, da elevação dos

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA BARRA DE IRRIGAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA PARA CASA DE VEGETAÇÃO

custos de energia e de mão-de-obra, e ainda, devido ao surgimento de computadores e outros equipamentos eletrônicos, tem-se notado que a automatização de sistemas de irrigação vai se tornando um fator comum (SOUZA; BOTREL, 2009).

Diante do exposto, desenvolveu-se um sistema de irrigação automatizado a fim de possibilitar alta precisão nas regulagens para aplicação das lâminas de irrigação em mudas produzidas em condições protegidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolvimento do sistema de irrigação

O sistema de irrigação semiautomatizado foi desenvolvido para possibilitar alta precisão nas regulagens para aplicação das lâminas de irrigação. A barra de irrigação foi instalada em uma casa de vegetação, orientada no sentido Leste-Oeste, com dimensões 6,40 m x 17,50 m (largura x comprimento), totalizando uma área coberta de 112,00 m², tendo medida de pé-direito igual a 3,00 m.

O ambiente protegido pertence à área experimental do Setor de Hidráulica do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, LEB/ESALQ – USP, no município de Piracicaba, SP (22° 42’ 30’’ – Latitude Sul e 47° 30’ 00’’ – Longitude Oeste de Greenwich, a 546 m de altitude).

A barra de irrigação foi confeccionada de tubo metalon galvanizado 15 x 15 e movimento longitudinal na casa de vegetação em ambos os sentidos. O mecanismo de sustentação foi composto por dois trilhos metálicos, fixados um em cada lateral, a uma altura de 2,00 m, distanciados de 6,30 m, espaço este correspondente ao vão livre existente entre os pontos de apoio.

A parte hidráulica da barra foi composta por um tubo de PVC rígido, com diâmetro de

3/4” e comprimento igual a 4 m, tendo apenas um ponto de alimentação de água.

O sistema foi projetado para irrigar duas linhas distanciadas de 3,6 m, em cada linha de irrigação foram instalados em série, dois emissores tipo “leque”, série AD-IA (anti deriva – indução de ar) da Magno Cerâmica®, com vazão nominal de $1,8927 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (68,14 L h⁻¹). Este sistema de irrigação foi ajustado para trabalhar a 0,95 m acima da superfície irrigada. A pressão de serviço foi fixada em 275 kPa, mantida assim por uma válvula reguladora de pressão instalada no tubo de PVC anterior aos bicos.

Sob um dos trilhos laterais de sustentação da barra, foi fixado outro trilho, com comprimento de 17,5 m, ou seja, o comprimento da estufa, a 0,05 m abaixo deste. Este trilho, denominado comercialmente de Standard, serviu para que uma mangueira de borracha flexível, condutora da água de irrigação, pudesse ser instalada de forma a deslocar-se juntamente com a barra, sendo tracionada por ela. A mangueira, com diâmetro igual a 3/4”, foi fixada em seis pequenos carrinhos, cada qual com quatro rolamentos responsáveis pela movimentação desta, sem comprometer o deslocamento da barra. O conjunto moto-bomba utilizado para pressurização do sistema era acionado por meio de um painel eletrônico de comando marca Galcon®, responsável pelo instantâneo acionamento da moto-bomba, juntamente ao acionamento de uma válvula solenóide elétrica, instalada anteriormente à mangueira flexível condutora de água.

Os trilhos de sustentação da barra de irrigação serviram também como meio de suporte para a tração do equipamento. Na mesma lateral onde foi instalada a mangueira de água, acoplou-se um conjunto moto-redutor, composto por um motor elétrico trifásico (220 V) de 60 Hz e um redutor de 1:800. Na Figura 1 ilustram-se alguns detalhes do sistema de irrigação.

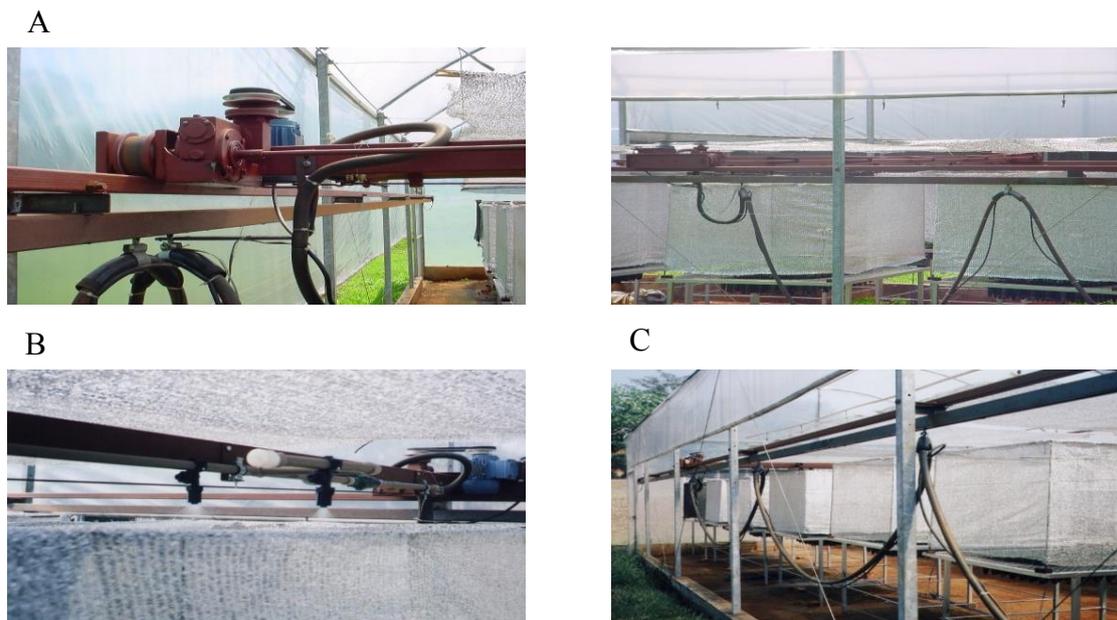


Figura 1. Barra, trilhos de apoio da barra e mangueira, moto-reductor (A); detalhe da parte hidráulica e bicos instalados em série em funcionamento (C) e mangueira acompanhando a barra em funcionamento (D).

Automatização do sistema de irrigação

A lâmina de água aplicada foi calculada com base no consumo hídrico diário considerando da cultura do cafeeiro na fase de produção de mudas, estimado pelo método gravimétrico descrito por Costa et al. (2016). Os 4 blocos, com distribuição casualizada, foram dispostos em duas fileiras de 2 blocos, com 10 parcelas cada, no sentido longitudinal da casa de vegetação, espaçadas de 1,40 m entre fileiras e 0,55 m entre parcelas.

Cada parcela foi composta por uma bancada de 1,20 x 1,40 m para dispor as mudas. A automatização do sistema de irrigação foi realizada com um inversor de

frequência da marca Weg[®], série CFW-08, instalado em um painel de comando, onde os ajustes foram realizados manualmente, assim como o acionamento do sistema.

Seu desligamento era automático, pois o moto-reductor e dois fins de curso estavam conectados ao inversor, cada um alocado em um ponto previamente determinado, nas duas extremidades da casa de vegetação, para interrupção do funcionamento do sistema.

O conjunto moto-bomba era acionado independentemente da barra de irrigação.

Na Figura 2, ilustram-se alguns detalhes do painel de comando para acionamento do sistema de irrigação.

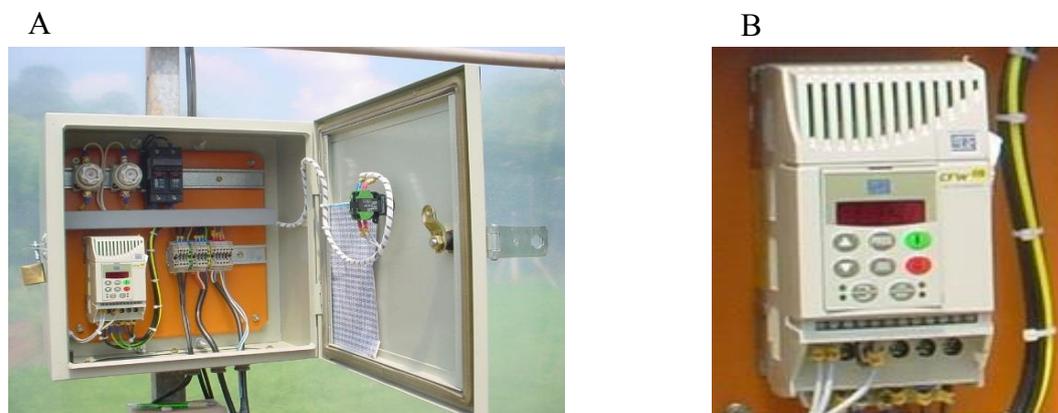


Figura 2. Painel de comando do sistema de irrigação em barra (A) e detalhes do inversor de frequência utilizado na semiautomatização (B).

Avaliação do sistema de irrigação

O sistema de irrigação foi avaliado em duas etapas, tendo como principal objetivo, determinar a uniformidade de aplicação das lâminas de irrigação. A primeira etapa foi desenvolvida no Laboratório para Avaliação de Sistemas para Aplicação de Produtos Fitossanitários (LASAPF). Esta etapa constituiu-se na avaliação da distribuição linear do emissor de pulverização tipo “leque”, utilizado durante o experimento, e visou analisar a distribuição transversal destes emissores de pulverização.

O equipamento utilizado no teste constituiu-se por uma bancada com dimensões 3,5 x 3,0 m, com regulagem para a altura da

barras de pulverização. A bancada era composta por divisores paralelos na superfície onde a água era pulverizada, distanciados de 0,025 m, funcionando de forma que o volume de água pulverizado fosse coletado em uma proveta própria, individualizada. A pressão utilizada no teste foi igual a 275 kPa e a altura de instalação do emissor foi de 0,95 m acima da superfície; as mesmas utilizadas na barra de irrigação durante o experimento.

A uniformidade de aplicação foi avaliada pelo coeficiente de variação (CV) (FAVETTA; BOTREL, 2001; CUNHA et al., 2014), baseado no coeficiente de uniformidade estatístico (CUE). O coeficiente de variação é dado por (SPIEGEL, 1977):

$$CV (\%) = \frac{S}{X} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

S = Desvio padrão das medidas dos volumes coletados nos divisores paralelos e;

X = Média dos volumes coletados.

Contudo, no experimento, a largura de interesse a ser irrigada era de 1,00 m, ou seja, 0,50 m para cada lado, pois esta era a largura máxima com mudas para a casa de vegetação, considerando as mudas amostrais e a

bordadura. Assim, no ponto perpendicular ao plano horizontal da bancada e imediatamente abaixo dos emissores da barra de irrigação, tinha-se, para cada lado, cerca de 0,15 m com plantas que representavam o espaço amostral, totalizando um espaço amostral com 0,30 m de largura. Na Figura 3, ilustra-se o croqui de vista frontal da barra utilizada no experimento e a largura máxima abrangida em cada linha de irrigação.

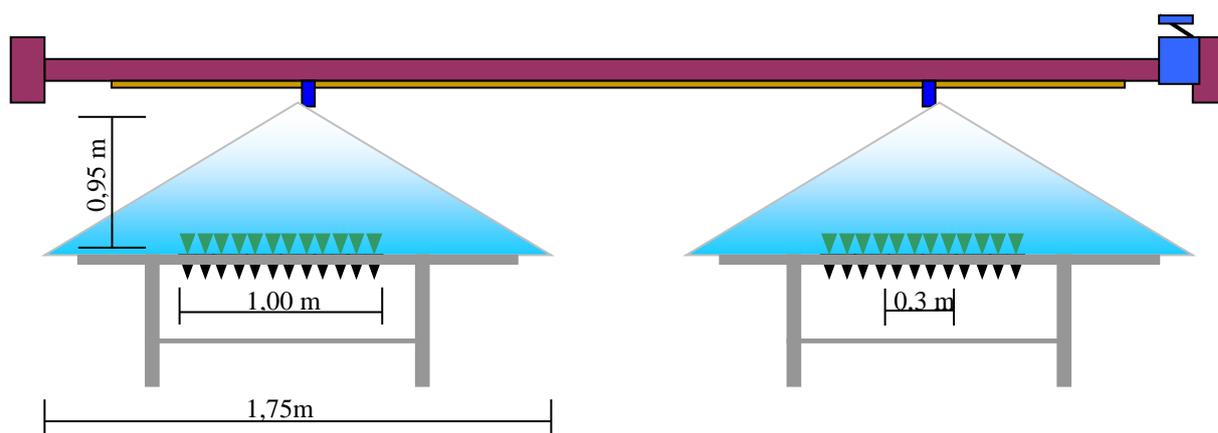


Figura 3. Linha de irrigação abrangida pelos emissores tipo “leque”.

A segunda etapa da avaliação foi desenvolvida já na barra de irrigação, dentro da casa de vegetação. Utilizando-se uma bandeja metálica, com dimensões 0,900 x 0,675 m (0,6075 m²), colocada 0,95 m abaixo

de uma das linhas de dois emissores dispostos em série, coletaram-se os volumes de água pulverizados nesta área, regulando-se o inversor de frequência previamente, de tal forma que a barra entrou em funcionamento

em frequências que variaram de 35 Hz a 95 Hz, aumentando-se este valor de 5 em 5 Hz. Para cada frequência avaliada, foram feitas 3 repetições, e a partir da média dos volumes coletados, divididos pela área de 0,6075 m², determinaram-se as respectivas lâminas médias de irrigação correspondentes às frequências avaliadas.

$$L = a * F^{-b} \quad (2)$$

A determinação dos coeficientes foi feita pela minimização da soma dos quadrados dos erros, por meio do comando NLS (*Nonlinear Least Square*) do programa estatístico R (R Core Team, 2019). As estatísticas do ajuste também foram geradas no R através dos pacotes *nlsTools* e *predictNLS*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os bicos de pulverização, trabalhando isoladamente, proporcionam um perfil

O desvio padrão das repetições foi calculado para avaliar a variabilidade da aplicação em cada frequência do inversor (SPIEGEL, 1977). Uma função potencial na forma da equação 2 foi ajustada para a relação lâmina aplicada (L , mm) e frequência do inversor (F , Hz), em que a e b são coeficientes empíricos.

característico que depende de sua vazão nominal, ângulo de abertura, altura da barra sobre o alvo e qualidade de fabricação, dentre outros fatores (CUNHA; TEIXEIRA, 2001).

Os resultados do teste largura da faixa de aspersão versus o coeficiente de variação para o emissor tipo “leque” utilizado, realizado na bancada para análise de emissores, estão ilustrados na Figura 4.

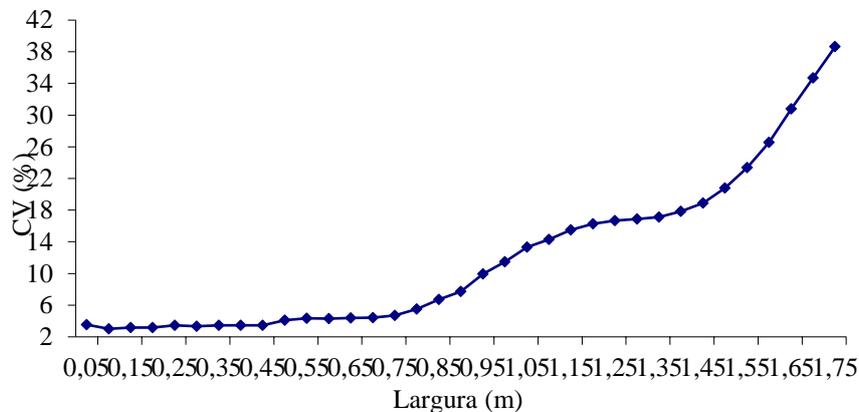


Figura 4. Coeficiente de variação (CV%) para o emissor tipo “leque”, em função da largura da faixa de aspersão.

De acordo com este teste, pode-se verificar que para a largura total com mudas, que foi de 1,00 m, e para a largura ocupada pelas mudas amostrais, que foi de 0,30 m, verificaram-se valores de coeficiente de variação (CV) iguais a 11,47% e 3,34%, respectivamente, sendo o primeiro considerado muito bom (abaixo de 10%) e o segundo excelente (entre 10 e 20%) (FAVETTA; BOTREL, 2001).

Observa-se pela Figura 4 que os coeficientes de variação se mantêm baixos (menores que 4,7%) e aproximadamente constante até a largura de 0,7m, o que demonstra o atendimento às necessidades colocadas neste trabalho.

Os resultados da avaliação das lâminas médias de irrigação da barra semiautomatizada indicam que para cada frequência avaliada houve pequena variação dos volumes

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA BARRA DE IRRIGAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA PARA CASA DE VEGETAÇÃO

coletados entre as repetições, dado o baixo desvio padrão das médias em cada frequência (Tabela 1). O resultado demonstra a baixa variabilidade nas aplicações e a precisão do volume a ser aplicado. Não há na literatura um qualificador para a variabilidade do mesmo emissor ao longo de sua rotina de trabalho (variabilidade no tempo).

Os índices atuais normalmente visam a uniformidade espacial da irrigação. Mas fazendo-se um paralelo com o coeficiente de uniformidade estatístico (FAVETTA; BOTREL, 2001; MANTOVANI, 2001; ASAE, 2003), infere-se que coeficientes de variação menores que 10% podem ser considerados excelentes.

Tabela 1. Lâmina de irrigação da barra de irrigação semi-automatizada em função da frequência.

Frequência (Hertz)	Volume coletado (L)					Lâmina ² (mm)			Lâmina ajustada ³ (mm)	Intervalo de confiança 95% ⁴	
	R1	R2	R3	Média ¹	D.P	Média	D.P	CV (%)		inferior	superior
35	1,68	1,69	1,78	1,717	0,055	2,83	0,091	3,21	2,80	2,77	2,83
40	1,46	1,48	1,51	1,483	0,025	2,44	0,041	1,70	2,44	2,42	2,46
45	1,29	1,29	1,3	1,293	0,006	2,13	0,010	0,45	2,16	2,14	2,17
50	1,19	1,17	1,19	1,183	0,012	1,95	0,019	0,98	1,94	1,92	1,95
55	1,03	1,02	1,03	1,027	0,006	1,69	0,010	0,56	1,76	1,74	1,77
60	0,98	0,98	0,98	0,980	0,000	1,61	0,000	0,00	1,61	1,59	1,62
65	0,9	0,9	0,91	0,903	0,006	1,49	0,010	0,64	1,48	1,46	1,49
70	0,83	0,84	0,84	0,837	0,006	1,38	0,010	0,69	1,37	1,35	1,38
75	0,78	0,78	0,78	0,780	0,000	1,28	0,000	0,00	1,28	1,26	1,29
80	0,73	0,74	0,72	0,730	0,010	1,20	0,016	1,37	1,19	1,18	1,21
85	0,71	0,69	0,67	0,690	0,020	1,14	0,033	2,90	1,12	1,10	1,13
90	0,63	0,64	0,65	0,640	0,010	1,05	0,016	1,56	1,06	1,04	1,07
95	0,61	0,61	0,63	0,617	0,012	1,02	0,019	1,87	1,00	0,98	1,01

¹ Média dos volumes coletados nas repetições: R1, R2 e R3; D.P é \pm desvio padrão dos volumes e lâminas; CV é o coeficiente de variação.

² Lâmina média, calculada tomando como base o volume médio dividido pela área de coleta.

³ Lâmina ajustada com o modelo.

⁴ Intervalo de confiança para a lâmina estimada pelo modelo, com probabilidade de 95%.

Pode-se verificar que a maior volume coletada foi registrada na frequência 35 Hertz (2,80 mm) e esta decresceu com o aumento da frequência, sendo registrada a menor lâmina

na frequência 95 Hertz (1,00 mm). O ajuste dos da lâmina de irrigação em função da frequência do inversor pode ser visualizado na Figura 5.

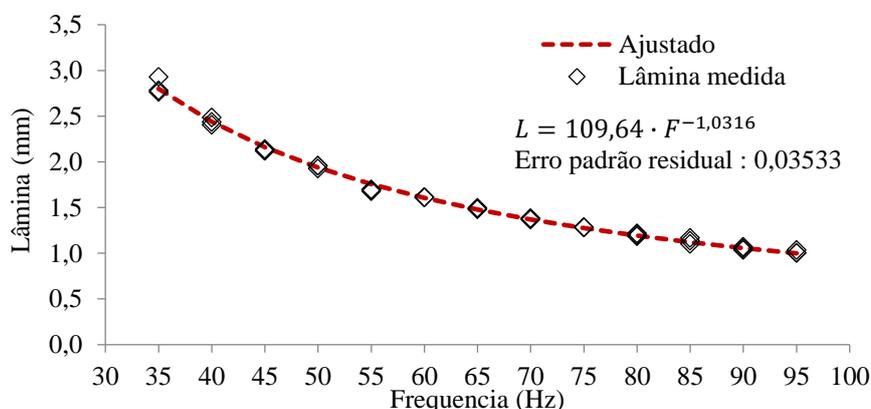


Figura 5. Lâmina média coletada em função da frequência de operação da barra de irrigação

As estatísticas presentes na Tabela 2 indicam ótimo ajuste do modelo, com ambos os parâmetros altamente significativos, em função da estatística t,

e do baixo erro padrão residual. Proporcionalmente, o erro padrão representa 3,5% da menor lâmina, indicando uma baixa variabilidade do erro residual.

Tabela 2. Estatísticas do ajuste para o modelo de estimativa da lâmina de irrigação em função da frequência do inversor.

Parâmetros do modelo	Estimativa	Erro padrão	Intervalo de confiança 95%		Estatística t	Pr(> t)
			Inferior	Superior		
a	109,64	4,68196	100,1535	119,1266	23,42	<2e-16
B	1,0316	0,01084	1,00964	1,053554	95,19	<2e-16

Erro padrão residual: 0,03533 com 37 graus de liberdade

Outro resultado que confirma a qualidade do ajuste é o pequeno intervalo de confiança para 95% de probabilidade presente na Tabela 1. Os valores dos intervalos são muito próximos e a variação do intervalo representa menos que 3% da lâmina estimada. Apenas como referência, o Coeficiente de Variação de fabricação (CV) indicado pela ASAE (ASAE, 2003). O CV avalia diferenças de fabricação de emissores, mas pode-se fazer este paralelo em função das consequências desta variação na instalação e consequente na uniformidade final. A equação permite ajustar o sistema de irrigação para aplicação de lâminas de forma muito precisa, já que o inversor de frequência utilizado possui uma precisão de 0,01 Hz. Considerando o conjunto moto-redutor empregado, recomenda-se frequências que variem de 35 a 95 Hz, o que permite a aplicação, por ciclo de irrigação, de lâminas variando entre 2,826 mm e 1,015 mm.

Nota-se que a faixa de lâmina aplicada por ciclo é estreita, fato este explicado pela intensa redução utilizada no sistema, ou seja, de 1:800. O resultado mais importante desta avaliação foi a constatação de que o jato em forma de leque, pulverizado por um único emissor na altura especificada, abrangia uma largura máxima de 1,75 m (0,87 m aproximadamente para cada lado, considerando como posição zero aquela perpendicular ao plano horizontal da bancada e bem abaixo do emissor) e uma uniformidade considerada muito boa (FAVETTA; BOTREL, 2001; ASAE, 2003) para uma faixa de 1,5m.

CONCLUSÕES

A barra de irrigação semiautomática possibilita a irrigação com elevada precisão na aplicação das lâminas para a produção de mudas em ambiente protegido.

O sistema pode melhorar a eficiência do uso da água desde que seja controlada a lâmina de irrigação aplicada ajustando-se frequência de operação em função da demanda hídrica da cultura a ser explorada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE. **Design and installation of microirrigation systems**. Saint Joseph: ASAE, p. 900-905. 2003. (EP 405.1).
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. DE A.; MARTINS, M. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p.730–735, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000700007>.
- CARVALHO, J. DE A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A. DE PEREIRA, OLIVEIRA, E. C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6,

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA BARRA DE IRRIGAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA PARA CASA DE VEGETAÇÃO

p. 569574,2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000600005>.

COSTA, V. M.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N.; ATARASSI, R. T.; DIAS, N. S.; SILVA, C. R.. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em tubetes sob malhas termo-refletoras e malha negra. **Irriga**, v. Especial, p.52-65, 2016.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F., TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Coeficientes de uniformidade em sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 6, p. 444-454, 2014.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 344-348, 2001.

DERMITAS, C.; AYAS, S. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. Demre) yield in unheated greenhouse condition. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.7, n. 3-4, p. 989-1003, 2009.

FAVETTA, G. M.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação

localizada: validação de equações. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 427-430, 2001.

GERVÁSIO, E. S.; SOCCOL, E. J.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Construção de um pluviógrafo automático. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 2, n. 1, p. 13-18, 2007.

MANTOVANI, E. C. **AVALLIA**: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa-G: UFV. 2001.

SOUZA, R.O.R.M.; BOTREL, T.A. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação automatizado para áreas experimentais. **Irriga**, v. 14, n. 3, p. 365-382, 2009.

TESTEZLAF, R. MATSURA, E.E. FERNANDES, A.T.L.; CÂNDIDO, D.H. Técnicas, Usos e Impactos. Livro Digital em CD-Rom. Capítulo 10: **Irrigação em ambientes protegidos**. Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP. 2002.

ZENG, C.; BIE, Z.; YUAN, B. Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 4, p. 595-602, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.019>.