

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

João Dallamuta
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2019

João Dallamuta

(Organizador)

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de
Oliveira Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-355-2 DOI 10.22533/at.ed.552193005 1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série. CDD 620
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em ciências exatas, engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia e pesquisa de base são os pilares do desenvolvimento tecnológico e da inovação. Uma visão ampla destes temas é portanda fundamental. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Optamos pela divisão da obra em dois volumes, como forma de organização e praticidade a você leitor. Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO E QUALIDADE DO BIOGÁS	
Carla Caroline Carvalho Poças Arlison Darlison Lima Leal Aroldo José Teixeira de Souza Filho João Areis Ferreira Barbosa Junior	
DOI 10.22533/at.ed.5521930051	
CAPÍTULO 2	6
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE ROCHAS CARBONÁTICAS QUANDO SUBMETIDAS A INJEÇÃO DE CO ₂ SUPERCRÍTICO	
Deodório Barbosa de Souza Katia Botelho Torres Galindo Analice França Lima Amorim Cecília Maria Mota Silva Lins Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.5521930052	
CAPÍTULO 3	17
ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE PROVENIENTE DO PROCESSO DE RECICLAGEM MECÂNICA E DO POLIESTIRENO PROVENIENTE DA DEGASAGEM DO POLIESTIRENO EXPANDIDO	
Fabiula Danielli Bastos de Sousa Thiago Czermainski Gonçalves Alves Matheus Alves Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.5521930053	
CAPÍTULO 4	31
ASSOCIAÇÃO DA FILTRAÇÃO DIRETA E USO DE COAGULANTES NATURAIS E QUÍMICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO	
Edilaine Regina Pereira Dandley Vizibelli Thaís Ribeiro Fellipe Jhordã Ladeia Janz José Euclides Stipp Paterniani	
DOI 10.22533/at.ed.5521930054	
CAPÍTULO 5	38
AUTOMATIZAÇÃO DE BRAÇO ROBÓTICO PARA COLETA EM CORPOS HÍDRICOS COM CONTAMINANTES NOCIVOS A SAÚDE HUMANA	
Louise Aimeé Reis Guimarães Jussiléa Gurjão de Figueiredo Ylan Dahan Benoliel Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5521930055	

CAPÍTULO 6 47

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DE PÓRTICOS PLANOS DE AÇO PROJETADOS COM ANÁLISE AVANÇADA

Danilo Luiz Santana Mapa
Marcílio Sousa da Rocha Freitas
Ricardo Azoubel da Mota Silveira

DOI 10.22533/at.ed.5521930056

CAPÍTULO 7 62

AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE ASPERSORES SUBMETIDOS A DIFERENTES PRESSÕES

Anderson Crestani Pereira
Adroaldo Dias Robaina
Marcia Xavier Peiter
Bruna Dalcin Pimenta
Jardel Henrique Kirchner
Wellington Mezzomo
Marcos Vinicius Loregian
Jhosefe Bruning
Luis Humberto Bahú Ben

DOI 10.22533/at.ed.5521930057

CAPÍTULO 8 70

AVALIAÇÃO DO BINÔMIO TEMPO-TEMPERATURA DE REFEIÇÕES SERVIDAS EM RESTAURANTES *SELF-SERVICE* DE PICOS-PI

Nara Vanessa dos Anjos Barros
Mateus da Conceição Araújo
Adolfo Pinheiro de Oliveira
Iraildo Francisco Soares
Ennya Cristina Pereira dos Santos Duarte
Rodrigo Barbosa Monteiro Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.5521930058

CAPÍTULO 9 77

AVALIAÇÃO DO EFEITO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DO BIODIESEL

Ingrid Rocha Teixeira
Jander Teixeira Peneluc
Matheus Andrade Almeida
Selmo Queiroz Almeida

DOI 10.22533/at.ed.5521930059

CAPÍTULO 10 86

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SEVERIDADE DE SECA DE PALMER (PDSI) PARA O MUNICÍPIO DE CRUZ ALTA/RS

Suélen Cristiane Riemer da Silveira
Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra
Rita de Cássia Fraga Damé
Marcia Aparecida Simonete
Emanuele Baifus Manke
Maria Clotilde Carré Chagas Neta
Henrique Michaelis Bergmann

DOI 10.22533/at.ed.55219300510

CAPÍTULO 11 93

AVALIAÇÃO DO SUCO MISTO DE ACEROLA COM MANJERICÃO

Michele Alves de Lima
Elynne Kryslen do Carmo Barros
Clélia de Moura Fé Campos
Marilene Magalhães de Brito
Maria Márcia Dantas de Sousa
Karine Aleixes Barbosa de Oliveira
Thamires Mendonça de Carvalho
Robson Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.55219300511

CAPÍTULO 12 102

COLORIMETRIA APLICADA A ESPÉCIES FLORESTAIS EM MATO GROSSO

Edilene Silva Ribeiro
Joaquim Carlos Gonzalez
William Cardoso Lima
Luzia Elaine Domingues Pimenta Vargas
Roberta Santos Souza

DOI 10.22533/at.ed.55219300512

CAPÍTULO 13 114

COMPORTAMENTO DA ALFACE COM DISTINTAS DOSAGENS DE ESTERCO CAPRINO EM DIFERENTES REGIÕES

Thaís Rayane Gomes da Silva
Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior
Cinara Bernardo da Silva
Luan Wamberg dos Santos
Márcio Aurélio Lins dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.55219300513

CAPÍTULO 14 122

COMPORTAMENTO DA ALTURA DO CACAUEIRO SOB DIFERENTES QUANTIDADES DE ÁGUA E NITROGÊNIO

Roger Luiz Da Silva Almeida
Roger Luiz Da Silva Almeida Filho
Gustavo Victor De Melo Araújo Almeida

DOI 10.22533/at.ed.55219300514

CAPÍTULO 15 127

CORRELAÇÕES ENTRE AS TEORIAS DE EULER-BERNOULLI E DE SHI-VOYIADJIS PARA VIGAS: UMA ABORDAGEM TEÓRICA E NUMÉRICA

Hilton Marques Souza Santana
Fabio Carlos da Rocha

DOI 10.22533/at.ed.55219300515

CAPÍTULO 16	144
EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS NA REDUÇÃO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	
Júlia Buffon	
Laura Cerezolli De Carli	
Gabriela Madella Kranz	
Maria Luiza Danielli Zanandréa	
Murilo Cesar Costelli	
DOI 10.22533/at.ed.55219300516	
CAPÍTULO 17	151
ESTUDO DA REAÇÃO DE ELETRO-OXIDAÇÃO DE GLICEROL EM MEIO ALCALINO	
Micaeli Caldas Gloria	
Elson Almeida de Souza	
Paulo José de Sousa Maia	
DOI 10.22533/at.ed.55219300517	
CAPÍTULO 18	167
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA DO BIOGÁS DA SUINOCULTURA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Arilson Darlison Lima Leal	
Carla Caroline Carvalho Poças	
Aroldo José Teixeira de Souza Filho	
João Areis Ferreira Barbosa Junior	
DOI 10.22533/at.ed.55219300518	
SOBRE O ORGANIZADOR	172

AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE ASPERSORES SUBMETIDOS A DIFERENTES PRESSÕES

Anderson Crestani Pereira

Mestrando em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
Departamento de Engenharia Rural
Santa Maria-RS

Adroaldo Dias Robaina

Docente na Universidade Federal de Santa Maria-
UFSM
Departamento de Engenharia Rural
Santa Maria-RS

Marcia Xavier Peiter

Docente na Universidade Federal de Santa Maria-
UFSM
Departamento de Engenharia Rural
Santa Maria-RS

Bruna Dalcin Pimenta

Doutoranda em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
Departamento de Engenharia Rural
Santa Maria-RS

Jardel Henrique Kirchner

Doutorando em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
Departamento de Engenharia Rural
Santa Maria-RS

Wellington Mezzomo

Doutorando em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
Departamento de Engenharia Rural
Santa Maria-RS

Marcos Vinicius Loregian

Mestrando em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
Departamento de Fitotecnia
Santa Maria-RS

Jhosefe Bruning

Doutorando em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
Departamento de Engenharia Rural
Santa Maria-RS

Luis Humberto Bahú Ben

Doutor em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM
Santa Maria-RS

RESUMO: O sucesso da irrigação depende de uma série de fatores, entre eles, a uniformidade da lâmina de água aplicada. Devido a isso, este trabalho objetivou avaliar experimentalmente a vazão de aspersores submetidos a diferentes pressões de serviço e comparar com os valores de vazão fornecidos pelo fabricante. O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Nos testes, foram utilizados os aspersores comerciais do modelo P5 da marca Agrojet. A avaliação da vazão foi realizada através de um hidrômetro juntamente com um cronômetro para estimar a vazão

obtida para cada pressão de serviço. Foram testadas 5 pressões de serviço (10, 15, 20, 25 e 30 mca) e 5 aspersores para cada variação de pressão, havendo repetição em todo experimento. Os resultados de vazão encontrados, para as 5 pressões de serviço, respectivamente, foram de 260,96 l/h, 300,66 l/h, 344,64 l/h, 384,64 l/h e 429,20 l/h. Para análise estatística dos dados utilizou-se o índice de desempenho, o qual forneceu classificação “excelente” entre os valores de vazão observados com os valores fornecidos pelo catálogo do fabricante, demonstrando que os aspersores podem ser utilizados sem que haja desuniformidade na lâmina de água aplicada.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de irrigação, uniformidade de aplicação, índice de desempenho.

EVALUATION OF THE FLOW OF SPRINKLERS SUBMITTED TO DIFFERENT PRESSURES

ABSTRACT: The success of irrigation depends on a number of factors, including the uniformity of the applied water depth. Due to this, this work aimed to evaluate experimentally the flow rate of sprinklers submitted to different pressures and to compare with the flow rates provided by the manufacturer. The experiment was carried out at the Agricultural Hydraulics Laboratory of the Federal University of Santa Maria (UFSM). In the tests, commercial sprinklers of the P5 model of the Agrojet brand were used. The evaluation of the flow was performed through a hydrometer along with a timer to estimate the flow rate obtained for each service pressure. Five service pressures (10, 15, 20, 25 and 30 mca) and 5 sprinklers were tested for each pressure variation, with repetition in every experiment. The results for the 5 service pressures, respectively, were 260.96 l/h, 300.66 l/h, 344.64 l/h, 384.64 l/h and 429.20 l/h. For the statistical analysis of the data, the performance index was used, which provided an “excellent” classification between the flow values observed with the values provided by the manufacturer’s catalog, showing that the sprinklers can be used without any unevenness of the water slide applied.

KEYWORDS: Irrigation systems, application uniformity, performance index.

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada tem sido uma importante estratégia para otimização da produção de alimentos, promovendo desenvolvimento sustentável no campo, com geração de emprego e renda (LUNA et al., 2013). Porém, a disponibilidade de água tem se tornado cada vez mais limitante, devendo ser utilizada de maneira criteriosa e precisa, não só visando a otimização da produtividade e da qualidade final do produto, mas também o uso adequado dos recursos hídricos (BERNARDO et al., 2006).

A avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é etapa fundamental antes que qualquer estratégia de manejo de irrigação seja implementada, pois é com base nesses resultados que será possível avaliar e adequar o equipamento e sua

utilização, em relação aos requerimentos de água dos cultivos utilizados.

A melhoria na uniformidade de um sistema de irrigação é uma das decisões mais importantes para o manejo adequado da água aplicada, pois a água em excesso, além de causar danos, pode carrear nutrientes para zonas do solo não exploráveis pelas raízes (BERNARDO et al., 2006).

Para que a irrigação seja eficiente, é fundamental que os sistemas apresentem uniformidade de aplicação da água, igual ou acima dos limites estabelecidos, nos quais são considerados fundamentais para tomada de decisão em relação ao diagnóstico dos sistemas (PAULINO et al., 2009). Uma vez instalado um projeto de irrigação, é necessário verificar se as condições inicialmente previstas se confirmam em campo. Para isso, deve-se avaliar as condições de pressão, vazão e lâminas d'água aplicada pelos aspersores.

Em algumas propriedades agrícolas, os produtores não realizam revisões nos sistemas de irrigação, os quais, geralmente, são utilizados durante anos sem nenhuma ou com reduzida revisão de seus componentes.

Na literatura há trabalhos que avaliaram sistemas de irrigação por aspersão e demonstraram que os principais defeitos nesses equipamentos ocorrem em vazamentos ao longo das tubulações, entupimento de aspersores e falta de manutenção no conjunto motobomba.

Devido a isso, é de suma importância verificar se as informações fornecidas pelos fabricantes de aspersores conferem com as vazões à campo. Para isso, esse trabalho tem como objetivo comparar as vazões de aspersores submetidos à diferentes pressões de serviço com os valores fornecidos através do catálogo do fabricante dos mesmos.

REFERENCIAL TEÓRICO

A falta de revisão e de manutenção do sistema é uma das principais causas da má distribuição de água no solo, resultando em perdas na produtividade potencial quando comparado com áreas cultiváveis que utilizem manejo adequado da irrigação, com todo o sistema operacional funcionando de maneira eficaz.

A avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é etapa fundamental a ser realizada, pois é com base nesses resultados que será possível avaliar e adequar o sistema em relação à necessidade de água que a cultura exige. No entanto, a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação em áreas cultivadas é uma prática que, muitas vezes, não é realizada por parte de técnicos e de produtores rurais.

Uma das maneiras para uniformizar os sistemas de irrigação é a correta escolha dos aspersores, adequando a necessidade de água que a cultura exige com as características operacionais dos mesmos.

Há casos em que os produtores irrigantes se guiam apenas pelo catálogo fornecido pelo fabricante do aspersor para determinar a vazão, o que pode ocasionar

uma aplicação de lâmina de água excessiva ou deficitária em comparação com a lâmina de reposição necessária para a cultura agrícola irrigada. Desta forma, é de grande importância a realização de ensaio de uniformidade de aplicação de água, pois só por meio deste é possível verificar a fração de água aplicada em determinada área, sabendo assim, onde está em excesso e déficit hídrico (PINTO et al., 2015).

A vazão do aspersor é função do diâmetro do bocal e da pressão de serviço. Quando a pressão é excessiva, ocorre a diminuição do tamanho médio de gotas em função da fragmentação do jato de água, diminuindo, também, o raio de alcance da lâmina d'água devido a deriva das gotas.

Outro fator que pode interferir na vazão do aspersor é a variação no processo de fabricação dos mesmos, podendo acarretar diferenças na vazão obtida a campo em relação a fornecida pelo fabricante.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica Agrícola do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foi testada a variação da vazão de aspersores submetidos a diferentes pressões de serviço baseada na norma técnica (NBR ISO 3951) fornecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na qual, padroniza os procedimentos que devem ser realizados em avaliações da vazão de aspersores.

Os aspersores comerciais utilizados foram do modelo P5 da marca Agrojet (Figura 1).



Figura 1 - Aspersor P5, Agrojet.

A determinação da vazão foi realizada através de um hidrômetro com volume conhecido, e, através de um cronômetro, foi medido o tempo para uma volta completa do mesmo. A pressão de serviço foi monitorada por um manômetro instalado no tubo de elevação próximo ao aspersor testado. Utilizou-se a expressão $Q = V/T$ para obtenção da vazão medida, em que Q é a vazão (l/h), V é o volume (litros) e T é o tempo (horas).

Os testes foram realizados com 5 pressões de serviço (10, 15, 20, 25 e 30 mca), de acordo com o catálogo fornecido pelo fabricante do aspersor. Foram utilizados 5 aspersores para cada variação da pressão, repetindo o processo várias vezes a fim de

aumentar a confiabilidade dos dados.

Pode-se observar, na Figura 2, o aspersor sendo testado em laboratório. Utilizou-se uma caixa de acrílico para conter a água no momento da realização dos testes.



Figura 2 - Teste em laboratório de um dos aspersores.

Para a avaliação da variação de fabricação dos aspersores adotou-se a metodologia proposta por Solomon (1979), que utiliza a relação entre o desvio padrão da vazão do aspersor e a sua vazão média submetida a testes com pressão.

Para comparar as vazões fornecidas pelo fabricante (teórica) e as medidas experimentalmente (observadas) utilizou-se o Índice de Concordância (I_c), proposto por Willmott (1981), no qual mede o grau de exatidão entre as variáveis envolvidas, em que seus valores variam de zero a um e podem ser calculados pela Equação 1:

$$I_c = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - O| + |O_i - O|)^2} \right]$$

(1)

Em que: E_i é o valor da observação estimada, O_i é o valor da observação medida e O é a média da observação medida.

De acordo com Schneider, Schneider e Souza (2009), o grau de associação entre as duas variáveis envolvidas na análise pode ser estimado pelo Coeficiente de Correlação (r) (Equação 2), no qual quanto maior o seu valor absoluto maior a associação entre as variáveis.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)(O_i - O)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i - E)^2 \sum_{i=1}^n (O_i - O)^2}}$$

(2)

Em que: E_i são os valores estimados, O_i os valores observados, E a média dos valores estimados e O a média dos valores observados.

Para a avaliação do desempenho das vazões foi utilizado o Índice de Desempenho (Id) (Equação 3), proposto por Camargo e Sentelhas (1997), cujo valor é o produto do Índice de Concordância e o Coeficiente de Correlação.

$$Id = Ic \cdot r \quad (3)$$

De acordo com Pimenta et al. (2018), o critério para interpretação do Índice de Concordância, do Coeficiente de Correlação e do Índice de Desempenho e suas respectivas classificações estão apresentados na Tabela 1.

Índice de Concordância (d)	Coeficiente de Correlação (r)	Índice de Desempenho (Id)	Classificação
0,95 – 1,00	0,95 – 1,00	0,90 – 1,00	Excelente
0,89 – 0,95	0,89 – 0,95	0,80 – 0,90	Ótimo
0,84 – 0,89	0,84 – 0,89	0,70 – 0,80	Muito Bom
0,77 – 0,84	0,77 – 0,84	0,60 – 0,70	Bom
0,71 – 0,77	0,71 – 0,77	0,50 – 0,60	Moderadamente Bom
0,63 – 0,71	0,63 – 0,71	0,40 – 0,50	Moderado
0,55 – 0,63	0,55 – 0,63	0,30 – 0,40	Moderadamente Ruim
0,45 – 0,55	0,45 – 0,55	0,20 – 0,30	Ruim
0,32 – 0,45	0,32 – 0,45	0,10 – 0,20	Muito Ruim
0,00 – 0,32	0,00 – 0,32	0,00 – 0,10	Péssimo

Tabela 1. Critério para interpretação do Índice de Concordância, do Coeficiente de Correlação e do Índice de Desempenho e suas respectivas classificações.

Fonte: Pimenta et al. (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores de vazão teórica e observada do aspersor quando submetido a diferentes pressões de serviço.

Pressão (mca)	Vazão (l/h)		
	Teórica	Observada	Desvio padrão
10	250	261	5,5
15	293	301	3,8
20	341	345	1,8
25	389	385	2,2
30	431	429	0,9

Tabela 2. Valores médios da vazão teórica e da observada submetidas a diferentes pressões de serviço.

Segundo a Tabela 2, podemos observar que ocorrem pequenos desvios entre a

vazão teórica e a vazão observada. As maiores diferenças acontecem nas menores pressões testadas devido ao fato que as mesmas são mais difíceis de estabilizar, ocasionando, dessa forma, uma maior oscilação na vazão.

A normativa técnica proposta pela ABNT sugere que para aspersores que possuam vazões nominais acima de 250 l/h a variação da vazão não seja superior a 5 % de erro relativo. Obteve-se como resultados do teste uma variação da vazão de 4,4 %, 2,7 %, 1,17 %, 1,03 % e 0,69 % para as pressões de serviço de 10, 15, 20, 25 e 30 mca, respectivamente.

Com base na classificação da norma e nos resultados obtidos observa-se que todas as vazões nas distintas pressões de serviço estão em conformidade com a normativa da ABNT.

Na Figura 3 estão representados os valores de vazão teórica (l/s) e de vazão observada (l/s) do aspersor em sua variação de pressão de serviço.

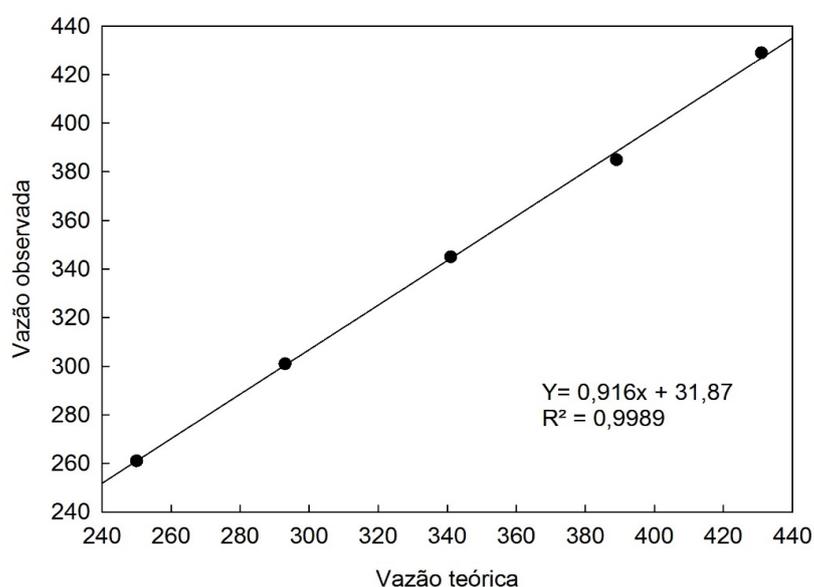


Figura 3 - Vazões teóricas e observadas dos aspersores.

Nota-se, na Figura 3, que os valores das vazões apresentam forte aderência à reta de regressão, evidenciado pelo elevado coeficiente de determinação, demonstrando que os procedimentos metodológicos e experimentais utilizados foram adequados.

Vazão teórica vs vazão observada		Classificação
Ic	0,9977	Excelente
r	0,9984	
Id	0,9992	

Tabela 3. Valores obtidos através do Índice de Concordância (Ic), Coeficiente de Correlação (r) e Índice de Desempenho (Id) com sua respectiva classificação.

Observa-se, pela Tabela 3, que os valores das vazões apresentaram Id classificado como “excelente”, demonstrando que os valores avaliados experimentalmente se

adequam aos fornecidos pelo fabricante do aspersor.

Em relação a variação na fabricação dos aspersores, obteve-se um resultado médio de 1%, o que, segundo a metodologia utilizada, se classifica como excelente, evidenciando que o processo de fabricação dos aspersores é semelhante, não modificando, assim, os valores de vazão entre eles.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos pode-se inferir que os aspersores ensaiados apresentaram valores de vazão de acordo com o catálogo fornecido pelo fabricante, estando de acordo com as normativas técnicas da ABNT. Além disso, há pequena variação no processo de fabricação entre os aspersores utilizados.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR/ISO 7749-1. **Equipamentos de irrigação agrícola - Aspersores rotativos - Parte 1: Requisitos para projetos e operação**. Rio de Janeiro, Brasil, 2000. 12 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. **Avaliação de desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 5, n. 1, p.89-97, 1997.

LUNA, N. R. S.; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; MEIRELES, A. C. M.; AQUINO, D. N. **Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE**. Revista Agro@ambiente Online, v. 7, n.1, p.53-62, 2013.

PAULINO, M. A. O.; de FIGUEIREDO, F. P.; FERNANDES, R. C.; MAIA, J. T. L. S.; de OLIVEIRA GUILHERME, D.; BARBOSA, F. S. **Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 3, n. 2, 2013.

PIMENTA, B. D.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X., MEZZOMO, W.; KIRCHNER, J. H.; BEN, L. H. B. **Performance of explicit approximations of the coefficient of headloss for pressurized conduits**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 22, n. 5, p. 301-307, 2018.

PINTO, U. R. C.; RIBEIRO, P. H. P.; SALOMÃO, L. C.; DE CANTUÁRIO, F. S.; DE BRITO, R. R.; DE SOUSA SILVA, T. T.; CONEGLIAN, A. **Uniformidade de distribuição de água em aspersão convencional sob diferentes pressões de serviços**. Global Science and Technology, v. 8, n. 2, 2015.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2009. 294 p.

SOLOMON, K. **Manufacturing variation of trickle emitters**. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v. 22, n. 5, p.1038- 8. 1979.

WILLMOTT, C. J. **On the validation of models**. Physical Geography, v.2, p. 184-194. 1981.

SOBRE O ORGANIZADOR

João Dallamuta: Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com Gestão da Inovação, Empreendedorismo e Inteligência de Mercado.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-355-2

