

# Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

Leonardo Tullio  
(Organizador)



# Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

Leonardo Tullio  
(Organizador)



### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

- Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Desenvolvimento de pesquisa científica na agricultura irrigada

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Emely Guarez  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Leonardo Tullio

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento de pesquisa científica na agricultura irrigada / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-488-7

DOI 10.22533/at.ed.887202810

1. Irrigação agrícola. 2. Agricultura Irrigada. I. Tullio, Leonardo (Organizador). II. Título.

CDD 651.587

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Na agricultura moderna o uso racional dos insumos é sem dúvida a maneira mais eficiente de produzir com qualidade. As constantes mudanças climáticas afetam a disponibilidade de nutrientes e água para as plantas, o que dificulta o seu estabelecimento e produtividade. Sendo o recurso hídrico o fator limitante que mais afeta o crescimento e desenvolvimento das culturas.

A pesquisa tenta solucionar ou apresentar resultados que minimizem os efeitos negativos do estresse hídrico para as plantas, porém constantemente os fatores ambientais desencadeiam sérios problemas. Neste sentido, buscamos neste livro apresentar alguns resultados dos estudos que envolvem o manejo da irrigação bem como métodos para uma melhor eficiência do uso da irrigação.

Algumas regiões onde o clima é seco dependem de um sistema de irrigação para o desenvolvimento, porém com a demanda crescente por alimentos e a escassez das chuvas fazem a agricultura pensar em métodos que aproveitem melhor a água. Os sistemas de irrigação mais modernos procuram solucionar estes problemas, assim utilizando de maneira eficiente. Irrigar a mais, nem sempre é sinônimo de eficiência produtiva, mas sim pode trazer sérios problemas com lixiviação de nutrientes e baixa produtividade. Ao contrário, a falta de água e um excesso de nutrientes pode levar a salinização e prejudicar o desenvolvimento das raízes e da planta.

Espero que as pesquisas apresentadas neste livro possam contribuir de maneira eficiente frente aos problemas de falta de água, bem como opção para futuras pesquisas.

Boa leitura e bons estudos.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO RURAL: O CASO DA MELANCIA IRRIGADA POR GOTEJAMENTO NO PROJETO CHESF**

José Maria Pinto

Jony E. Yuri

Nivaldo D. Costa

Rebert Coelho Correia

Marcelo Calgaro

**DOI 10.22533/at.ed.8872028101**

### **CAPÍTULO 2..... 6**

**EVOLUÇÃO DA ÁREA DE AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS**

Sérgio Luiz Aguilar Levien

Vladimir Batista Figueirêdo

Luiz Eduardo Vieira de Arruda

**DOI 10.22533/at.ed.8872028102**

### **CAPÍTULO 3..... 20**

**ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE HARGREAVES-SAMANI ATRAVÉS DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO**

Tháís Rayane Gomes da Silva

Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior

Rony de Holanda Costa

Laylton de Albuquerque Santos

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8872028103**

### **CAPÍTULO 4..... 26**

**AVALIAÇÃO DE UM ALTÍMETRO PARA FINS DE IRRIGAÇÃO**

Marcelo Carazo Castro

Jean Santiago Sabença Esteves

Larissa Nunes Pereira Leite

**DOI 10.22533/at.ed.8872028104**

### **CAPÍTULO 5..... 32**

**MÉTODO PARA PROJETAR LINHAS LATERAIS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PAREADAS EM TERRENOS COM INCLINAÇÃO UNIFORME**

Leonardo Leite de Melo

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

José Antônio Frizzone

Patrícia Algélica Alves Marques

**DOI 10.22533/at.ed.8872028105**

**CAPÍTULO 6..... 46**

**HIDRÁULICA DE TUBOS GOTEJADORES COM EMISSORES CILÍNDRICOS**

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Leonardo Leite de Melo

José Antônio Frizzone

Antonio Pires de Camargo

**DOI 10.22533/at.ed.8872028106**

**CAPÍTULO 7..... 56**

**SISTEMA LISIMÉTRICO DE INFORMAÇÕES PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA PELAS PLANTAS (SLIMCAP)**

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Laylton de Albuquerque Santos

Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas

Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Daniella Pereira dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8872028107**

**CAPÍTULO 8..... 66**

**COMPARAÇÃO DA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELOS MÉTODOS PENMAN-MONTEITH FAO 56 E JENSEN-HAISE**

Ugo Leonardo Rodrigues Machado

Giordanio Bruno Silva Oliveira

Kadidja Meyre Bessa Simão

Liherberto Ferreira Dos Santos

Ana Luzia Medeiros Luz Espínola

José Espínola Sobrinho

**DOI 10.22533/at.ed.8872028108**

**CAPÍTULO 9..... 77**

**CORREÇÃO DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO O SUPLEMENTO SOLVER DA MICROSOFT EXCEL**

Thaís Rayane Gomes da Silva

Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior

Rony de Holanda Costa

Laylton de Albuquerque Santos

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8872028109**

**CAPÍTULO 10..... 82**

**ANÁLISE DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CAPIM-CARRAPICHO (*Cenchrus echinatus* L.) EM FUNÇÃO DA SALINIDADE E TEMPERATURA**

Natália Morena Fernandes Soltys

Oriel Herrera Bonilla

Francisca Raiane Machado da Cruz

Sarah Carvalho Farias

Joel Wirlo Brasileiro Lima

Jéssica Carvalho Horta

**DOI 10.22533/at.ed.88720281010**

**CAPÍTULO 11..... 88**

**EFEITO SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne**

Sandro Ferreira do Nascimento

Oriel Herrera Bonilla

José Vagner Rebouças Filho

Francisca Raiane Machado da Cruz

Hamanda Brandão Pinheiro

Joel Wirlo Brasileiro Lima

**DOI 10.22533/at.ed.88720281011**

**CAPÍTULO 12..... 94**

**EXIGÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A SALINIDADE**

Raquele Mendes de Lira

Ênio Farias de França e Silva

Alexandre Nascimento dos Santos

Edimir Xavier Leal Ferraz

Adiel Felipe da Silva Cruz

Antônio Henrique Cardoso do Nascimento

José Edson Florentino de Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.88720281012**

**CAPÍTULO 13..... 100**

**EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb**

Ivina Beatriz Menezes Farias

Oriel Herrera Bonilla

Natália Morena Fernandes Soltys

Francisca Renata Alves de Lima

Sarah Carvalho de Farias

Cicero Matheus Borges Lucena

**DOI 10.22533/at.ed.88720281013**

**CAPÍTULO 14..... 111**

**CRESCIMENTO RADICULAR EM SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne SUBMETIDAS À SALINIDADE**

Sandro Ferreira do Nascimento

Oriel Herrera Bonilla

Hamanda Brandão Pinheiro

José Vagner Rebouças Filho

Cicero Matheus Borges Lucena

Rayane Gomes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.88720281014**

<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>117</b>
CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth. SUBMETIDAS A SALINIDADE	
Ivina Beatriz Menezes Farias	
Oriel Herrera Bonilla	
Claudivan Feitosa de Lacerda	
Natália Morena Fernandes Soltys	
Francisca Renata Alves de Lima	
Francisca Raiane Machado da Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88720281015</b>	
<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>124</b>
EVOLUÇÃO DA ÁREA DE AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO NAS ÚLTIMAS DÉCADAS	
Sérgio Luiz Aguilar Levien	
Vladimir Batista Figueirêdo	
Luiz Eduardo Vieira de Arruda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88720281016</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>138</b>
DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO ABACAXI CULTIVAR PÉROLA NO AGRESTE ALAGOANO	
Tháís Rayane Gomes da Silva	
Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior	
Floriano Alcantara Damasceno	
Luis Felipe Ferreira Costa	
Samuel Barbosa Tavares dos Santos	
Márcio Aurélio Lins dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88720281017</b>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>144</b>
MELÃO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO CULTIVADO EM FILEIRAS SIMPLES E DUPLA	
José Maria Pinto	
Jony E. Yuri	
Marcelo Calgare	
Rebert Coelho Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88720281018</b>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>149</b>
PRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA ABÓBORA SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO USANDO SISTEMA AUTOMÁTICO	
Clinton Gonçalves Moreira	
Vladimir Batista Figueirêdo	
Fernando Caio de Freitas Aquino	
Sérgio Luiz Aguilar Levien	
Ugo Leonardo Rodrigues Machado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88720281019</b>	

<b>CAPÍTULO 20.....</b>	<b>157</b>
<b>TRANSPIRAÇÃO EM MELOEIRO COM USO DE SENSORES DE FLUXO POR DISSIPAÇÃO TÉRMICA</b>	
Nicolly Kalliliny Cavalcanti Silva	
Vladimir Batista Figueirêdo	
Alberto Colombo	
Ana Luiza Veras de Souza	
Ugo Leonardo Rodrigues Machado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88720281020</b>	
<b>CAPÍTULO 21.....</b>	<b>167</b>
<b>BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR E POTENCIALIDADE DE CANA-ENERGIA</b>	
Tamara Rocha dos Santos	
Eliana Paula Fernandes Brasil	
Wilson Mozena Leandro	
Aline Assis Cardoso	
Márcio da Silva Santos	
Maryllia Karolyne De Sousa Fernandes	
Larissa Gabriela Marinho da Silva	
Raysa Marques Cardoso	
Caio Cesar Magalhães Borges	
Rafaela Shaiane Marques Garcia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.88720281021</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>176</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>177</b>

## HIDRÁULICA DE TUBOS GOTEJADORES COM EMISSORES CILÍNDRICOS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 02/07/2020

### Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP  
Piracicaba - SP  
<http://lattes.cnpq.br/5461315063608561>

### Leonardo Leite de Melo

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP  
Piracicaba -SP  
<http://lattes.cnpq.br/8226386907565166>

### José Antônio Frizzone

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP  
Piracicaba - SP  
<http://lattes.cnpq.br/1938995897164854>

### Antonio Pires de Camargo

Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP  
Campinas - SP  
<http://lattes.cnpq.br/8472308116821427>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi analisar a perda localizada de carga causada por gotejadores cilíndricos autocompensantes e não autocompensantes, integrados a tubos de polietileno utilizados em sistemas de gotejamento, e propor modelos empíricos, a partir das

equações de Darcy-Weisbach e de Blasius para estimativa das perdas localizadas e contínua, como suporte para o dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação. Foram realizados ensaios no Laboratório de Materiais de Irrigação da ESALQ/USP, utilizando tubos gotejadores de 20 mm de diâmetro nominal com espessuras de parede de 26 e 36 MIL. Concluiu-se que a perda de carga contínua pode ser calculada pela equação de Darcy-Weisbach utilizando um fator de atrito calculado por uma função potência semelhante à de Blasius, com coeficientes  $a = 0,3154$ , para o tubo com espessura de parede de 26 MIL,  $a = 0,3193$  para espessura de parede de 36 MIL, ambos com  $b = 0,25$ . Para o cálculo da perda localizada de carga foram obtidos coeficientes de carga cinética maiores para gotejadores autocompensantes (1,192 – 1,230) do que para gotejadores não autocompensantes (0,247 – 0,377), independente da espessura da parede do tubo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Linha lateral, irrigação por gotejamento, perda de carga.

### HYDRAULICS OF EMITTING-PIPES WITH INTEGRATED CYLINDRICAL DRIPPERS

**ABSTRACT:** The objective of this work was to quantify the local head loss due to pressure-compensating and non pressure-compensating cylindrical drippers integrated in polyethylene pipes used in drip irrigation systems, and to propose empirical models from the Darcy-Weisbach and Blasius equations to estimate minor and major losses and consequently to contribute with the hydraulic design of irrigation systems. Experiments were carried out at the



Irrigation Testing Laboratory of ESALQ/USP, using emitting-pipes 20-mm diameter, 26- and 36-MIL wall thickness. The friction loss can be estimated by the Darcy-Weisbach equation using a friction factor based on the Blasius equation, with coefficients  $a = 0.3154$  for the 26-MIL wall thickness and  $a = 0.3193$  for the 36-MIL wall thickness, both with  $b = 0.25$ . The coefficient of minor loss was higher for pressure-compensating drippers (1.192 to 1.230) than non pressure-compensating models (0.247 to 0.377) regardless of the pipe wall thickness.

**KEYWORDS:** lateral line, drip irrigation, head loss

## 1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas de irrigação por gotejamento apresentam várias vantagens sobre outros sistemas de irrigação, mas é impossível obter uma distribuição ideal de água ao longo da linha lateral devido às variações na vazão do emissor causadas pelas variações da pressão de operação, diferenças de temperatura da água, variações de fabricação do emissor, obstrução dos emissores e variações de pressão por declive e perdas de carga por atrito. Assim, para o projeto de um sistema de irrigação por gotejamento que proporcione adequada uniformidade de distribuição de água, as propriedades dos componentes do sistema, especialmente as propriedades do emissor e perdas de carga por atrito nas linhas laterais, devem ser conhecidas (VEKARIYA; SUBBAIAH; MASHRU, 2011).

O cálculo das perdas contínuas e localizadas de carga em condutos pressurizados constitui um problema importante em estudos hidráulicos de sistemas de irrigação (BARDESTINI et al. 2017). As variações de pressão na linha lateral são ocasionadas pela perda de carga distribuída ao longo da tubulação, pelas perdas localizadas que ocorrem nos emissores e conexões e por variações de nível.

Emissores planos e cilíndricos soldados no interior de tubos gotejadores, causam perda localizada de carga, que ocorre quando o fluido sofre alguma perturbação brusca em seu escoamento, por algum elemento inserido no tubo. Já a perda de carga contínua, ou distribuída, ocorre pela dissipação de energia da água em forma de calor devido à resistência ao escoamento oferecida pela viscosidade do fluido e pela inércia das partículas (WANG et al., 2018).

Para os emissores cilíndricos integrados no interior de tubos de polietileno, estudos apresentam resultados que indicam que a perda localizada de carga tem influência importante na variação de pressão ao longo da linha lateral. Portanto, ao desconsiderá-las, pode ocorrer superdimensionamento das linhas laterais afetando, dessa forma, o desempenho do sistema (BAGARELLO et al. 1997; PROVENZANO e PUMO, 2004; PROVENZANO; PUMO e DI DIO 2005; RETTORE NETO et al., 2009; GOMES et al., 2010; CARDOSO et al., 2014).

Rettoire Neto et al. (2009) encontraram valores de perda localizada de carga da ordem de 50% da perda de carga total, próximos aos relatados por Provenzano e Pumo et al. (2004), que indicam valores da ordem de 49,5% na pior condição analisada entre

espaçamentos de emissores. Ao se tratar do comprimento da linha lateral, Gomes et al. (2010) estimaram um acréscimo de 25,7% e 9,5% no comprimento das linhas laterais considerando emissores compensados e não compensados, respectivamente.

O objetivo deste trabalho foi analisar a perda de localizada de carga causada por gotejadores cilíndricos autocompensantes e não autocompensantes, integrados a tubos de polietileno utilizados em sistemas de gotejamento, e propor modelos empíricos, a partir das equações de Darcy-Weisbach e de Blasius para estimativa das perdas localizadas de carga e contínua, como suporte para o dimensionamento hidráulico do sistema.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ensaio de Materiais de Irrigação do Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Brasil. Os tubos gotejadores utilizados foram de polietileno, com emissores cilíndricos autocompensantes (AC) e não autocompensantes (NAC) de pressão integrados em seu interior, fabricados pela Mexichem® com diâmetro nominal de 16 mm e pressão de serviço 100 kPa. As características podem ser observadas na Tabela 1.

Modelo	Vazão (L h <sup>-1</sup> )	Espessura de parede (MIL)	Espaçamento entre emissores	Amostra
Mexidrip NAC16mm	1,6	36	0,30	NAC1,6
Mexidrip NAC16mm	1,8	26	0,65	NAC1,8
Mexidrip NAC16mm	2,4	36	0,50	NAC2,4
Mexidrip NAC16mm	2,6	26	0,30	NAC2,6
Mexidrip AC16mm	1,6	36	0,60	AC1,6
Mexidrip AC16mm	1,7	26	0,60	AC1,7
Mexidrip AC16mm	2,7	36	0,60	AC2,7
Mexidrip AC16mm	2,9	26	0,60	AC2,9

Tabela 1: Características dos tubos e emissores utilizados nos ensaios

Para determinação das perdas contínua, localizada e total de carga utilizou-se uma bancada de ensaios automatizada. Os procedimentos experimentais foram realizados utilizando-se seguimentos de tubos de 20 m de comprimento, em nível, retirados de bobinas de 1000 m. A pressão de ensaio foi monitorada e mantida constante por motobomba equipada com inversor de frequência e controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID). O ajuste da vazão foi realizado pelo controle eletrônico da válvula proporcional Belimo® LRB24-3, com passagem de ½”, instalada a jusante da amostra sob ensaio. Para medição da vazão utilizou-se o medidor eletromagnético marca Krohne®, modelo IFC 010 D, com resolução de  $1 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , faixa de vazão de 0 a  $4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . A diferença de pressão

proporcionada pelo escoamento através do tubo foi medida por um transmissor de pressão diferencial da marca Novus®, modelo NP800H, resolução  $1 \times 10^{-2}$  kPa, faixa de medição de 1-100 kPa, exatidão de 0,075%

As perdas contínua, localizada e total de carga foram determinadas para a pressão de entrada de 100 kPa, utilizando-se vazões crescentes e decrescentes, em incrementos de  $0,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Durante os ensaios, monitorou-se a temperatura da água por um transmissor de temperatura da marca Zurich®, modelo TZD 420, com resolução de  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , faixa de medição entre 0 e  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , incerteza de medição de 0,5% FE. A temperatura média da água durante os ensaios foi medida e feita a correção da massa específica da água em função da temperatura, especificada para a pressão atmosférica de 101,3 kPa e aceleração da gravidade de  $9,807 \text{ m s}^{-2}$  de acordo com Tanaka (2001).

Para o estudo da perda de carga utilizou-se a equação de Darcy-Weisbach (Eq. 1), (YASMINA e RACHID, 2015). As variáveis envolvidas no cálculo da perda de carga unitária ( $J_c$ ,  $\text{m m}^{-1}$ ) são: a vazão ( $Q$ ,  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), o diâmetro interno do tubo ( $D$ , m) e o fator de atrito ( $f$ , adimensional) que é função do número de Reynolds ( $R$ , adimensional) e da rugosidade relativa da superfície interna do tubo ( $\xi$ ,  $D$ ) em que  $\xi$  é a rugosidade da superfície interna do tubo (m).

$$J_c = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} = \frac{8f}{g \pi^2} \frac{Q^2}{D^5} \quad (1)$$

Para escoamento turbulento hidraulicamente liso, com  $4000 \leq R \leq 10^5$ ,  $f$  depende apenas de  $R$  e geralmente é calculado pela equação de Blasius ou por equações similares (Eq. 2), obtidas experimentalmente:

$$f = a R^{-b} \quad (2)$$

em que, na equação de Blasius  $a = 0,3164$  e  $b = 0,25$  para tubos lisos rígidos. O número de Reynolds é expresso pela Eq. (3):

$$R = \frac{4 Q}{\pi v D} \quad (3)$$

sendo  $v$  o coeficiente de viscosidade cinemática da água ( $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ ), que é função da temperatura.

A perda localizada de carga é determinada experimentalmente e, para a maioria dos componentes, são fornecidas na forma adimensional (WANG et al. 2018). O método mais utilizado para determinar a perda localizada de carga ( $hf_L$ ), baseia-se na Eq. (4):

$$hf_L = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

em que:  $K_L$  – coeficiente de carga cinética (adimensional);  $hf_L$  – perda localizada de carga (m);  $V$  – velocidade média de escoamento no tubo ( $m\ s^{-1}$ ).

Para um segmento de tubo liso (sem gotejadores) de comprimento  $L = 20$  m, em nível, com diâmetro nominal ( $DN = 20$  mm) constante, foram obtidas curvas de perda de carga contínua unitária ( $J_c$ ,  $m\ m^{-1}$ ) em função da vazão ( $Q$ ,  $m^3\ s^{-1}$ ), na forma da Eq. (5):

$$J_c = K Q^a \quad (5)$$

em que:  $K$  e  $a$  são constantes de ajuste do modelo.

Os valores experimentais da perda de carga foram utilizados para calcular o fator de atrito  $f$  da Eq. (1), explicitando-se em função de  $j$ ,  $V^2/2g$  e  $D$ , que são quantidades conhecidas. O número de Reynolds foi calculado pela Eq. (3) com os dados experimentais. Para obter um modelo semelhante à Eq. (2), ajustou-se por regressão linear os valores experimentais de  $f$  em função de  $R^{-0,25}$ , obtendo-se o valor médio de  $f$ .

Dada a incerteza relacionada ao diâmetro interno dos tubos de polietileno, estimou-se hidráulicamente um diâmetro interno médio para os tubos de cada espessura de paredes (26 MIL e 36 MIL), utilizando-se a Eq. (6), derivada da Eq. (1).

$$D_h = \left( \frac{K_3 v^{0,25} Q^{1,75}}{J_c} \right)^{\frac{1}{4,75}} \quad (6)$$

em que:  $D_h$  – diâmetro hidráulico equivalente do tubo (m);  $v$  – viscosidade cinemática da água, assumindo-se o valor  $1,004 \times 10^{-6} m^2\ s^{-1}$  para a temperatura da água de  $23\ ^\circ C$ ;  $Q$  – vazão ( $m^3\ s^{-1}$ ) e  $J_c$  – perda de carga unitária obtida experimentalmente ( $m\ m^{-1}$ );  $K_3$  – constante característica do tubo que engloba o fator de atrito.

A perda de carga total foi determinada com a tubulação em nível, utilizando-se tubos gotejadores com os orifícios vedados, obtendo-se curvas de perda de carga total unitária ( $J_T$ ,  $m\ m^{-1}$ ) em função da vazão ( $Q$ ,  $m^3\ s^{-1}$ ), conforme Eq. (7).

$$J_T = K_1 Q^\beta \quad (7)$$

em que:  $K_1$  e  $\beta$  são constantes de ajuste do modelo.

A perda localizada de carga provocada por um emissor ( $Hf_L$ , m) foi determinada pela diferença entre a perda de carga total no tubo com emissor ( $Hf_T$ ) e a perda de carga contínua no tubo liso ( $Hf_c$ ), dividida pelo número de emissores ( $N$ ) no segmento de comprimento , conforme Eq. (8) (RETTORE NETO et al. 2009; GOMES et al. 2010).

$$Hf_L = \frac{Hf_T - Hf_c}{N} \quad (8)$$

O coeficiente de carga cinética  $K_L$ , referente à expressão geral de perda localizada de carga (Eq.4), foi determinado pelo coeficiente angular obtido por regressão linear entre os valores experimentais da perda localizada no emissor ( $H_{fL}$ ) e da carga cinética.

Rearranjou-se os termos da equação de Darcy-Weisbach (Eq.1) e da expressão geral de perda localizada de carga (Eq.4), para determinação da perda localizada no emissor em termos de comprimento equivalente de tubulação ( $L_e$ , m) conforme Eq.(9):

$$L_e = \frac{2 g H_{fL} D_h}{f V^2} \quad (9)$$

Inserindo a Eq.(2) na Eq. (9), obtém-se a Eq.(10) para o cálculo do comprimento equivalente utilizando-se o fator de atrito obtido experimentalmente para o tubo liso.

$$L_e = \frac{2 g H_{fL} D_h}{a \left( \frac{4Qv^{-1}}{\pi D_h} \right)^{-0,25} \left( \frac{4Q}{\pi D_h^2} \right)^2} \quad (10)$$

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 observa-se a curva  $f$  em função de  $R^{-0,25}$  para os dados experimentais, para os tubos lisos analisados. O coeficiente angular obtido foi  $a = 0,3154$  para o tubo com espessura de parede de 26 MIL, e  $a = 0,3193$  para espessura de parede de 36 MIL. Esses valores são próximos aos proposto por Blasius (0,3164), por se tratar de tubos lisos de polietileno. Para tubos de polietileno não colapsáveis, Bagarello et al. (1995) encontraram  $a = 0,302$  e Rettore Neto et al. (2009) 0,296.

Para o tubo com espessura de parede de 26 MIL obteve-se  $K_3 = 0,02484$  e para o tubo com parede de 36 MIL obteve-se  $K_3 = 0,02454$ . Com esses valores, os diâmetros médios estimados pela Eq. (6) foram: para o tubo de 26 MIL  $D_h = 13,4$  mm e para o tubo de 36 MIL  $D_h = 13,5$  mm.

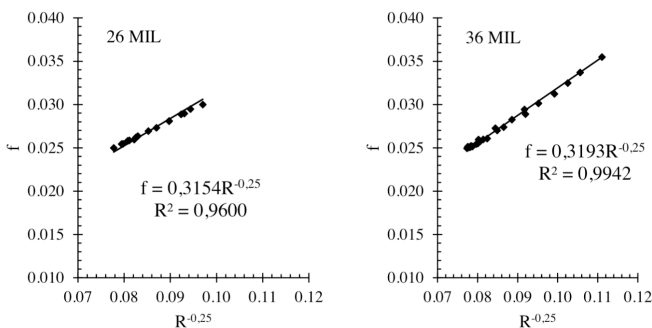


Figura 1: Fator de atrito ( $f$ ) experimentais ajustados com  $b = 0,25$  para os tubos de polietileno

As equações de perda contínua de carga estão apresentadas na Figura 2, para cada espessura de parede. Os expoentes da vazão, para as duas espessuras de parede caracterizam regime de escoamento turbulento. As curvas de perda de carga total ( $J_T$  m  $m^{-1}$ ) em função da vazão ( $Q$ ,  $m^3 s^{-1}$ ) para todos os modelos de tubos gotejadores são apresentadas na Figura 3. Utilizando as equações obtidas pela análise de regressão, e fixando uma vazão de  $20 \times 10^{-5} m^3 s^{-1}$ , verifica-se que os tubos gotejadores autocompensantes proporcionaram maiores perdas de carga unitárias totais quando comparados aos demais modelos não autocompensantes. Essa diferença nos valores de perda unitária total de carga é justificado pela geometria do gotejador, uma vez que o dispositivo responsável pela regulação da pressão ocupa maior fração da área de escoamento. O mesmo comportamento foi observado por Gomes et al. (2010), também trabalhado com tubos gotejadores com emissores cilíndricos autocompensantes e não autocompensantes de pressão.

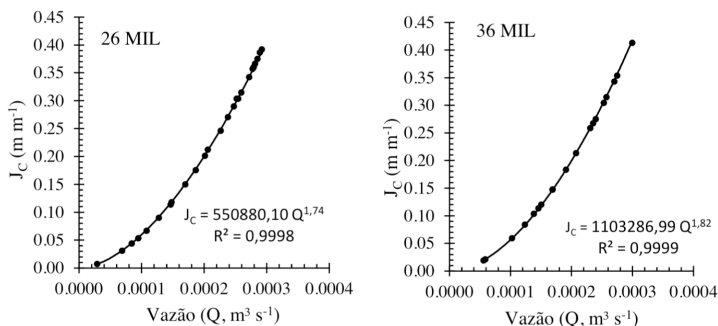
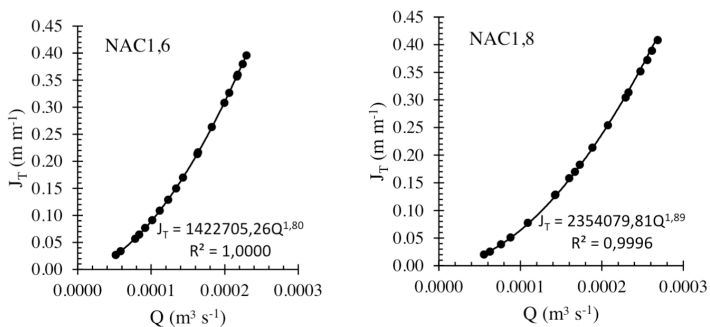


Figura 2: Perda de carga unitária contínua ( $J_c$ ,  $m m^{-1}$ ) em função da vazão ( $Q$ ,  $m^3 s^{-1}$ ) para o tubo liso de polietileno para espessuras de paredes de 26 MIL ( $D_h = 13,4$  mm) e 36 MIL ( $D_h = 13,5$  mm)



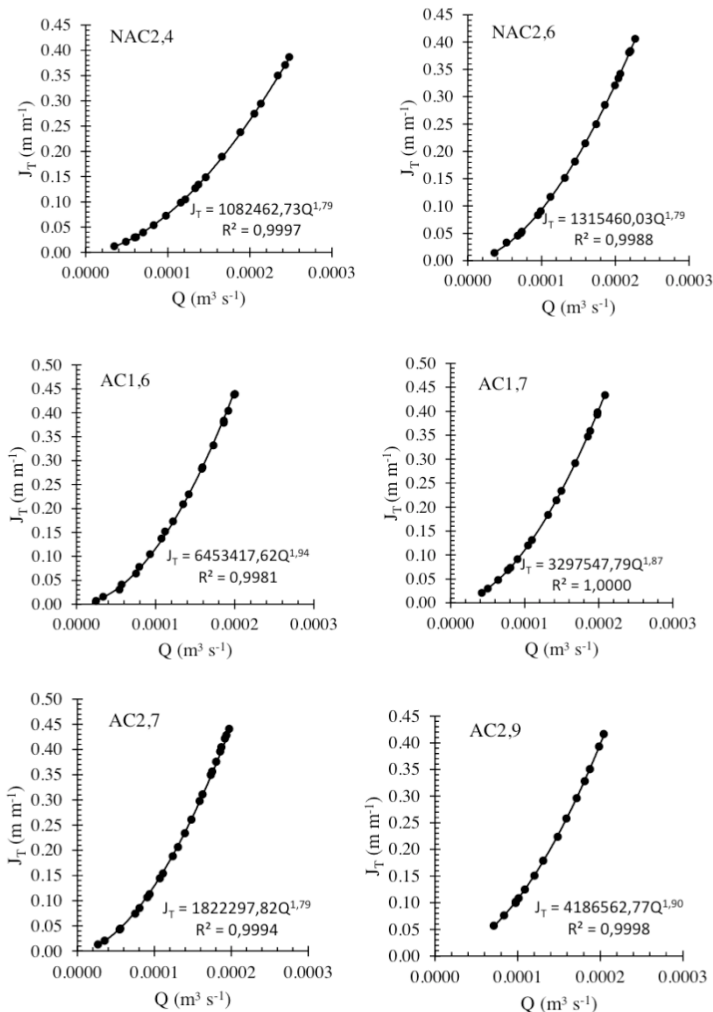


Figura 3: Perda de carga unitária total ( $J$ ) em função da vazão ( $Q$ )

Na Tabela 2 são apresentados os valores de  $K_L$  obtidos por regressão linear entre  $H_{fL}$  e  $V^2/2g$ . Nos ajustes foram obtidos  $R^2 \geq 0,9958$ . Apresentam-se também os comprimentos equivalentes calculados pela Eq. (10). Verifica-se que os modelos com dispositivos autocompensantes de pressão, apresentaram maiores valores de coeficiente de carga cinética ( $K_L$ ) e, conseqüentemente, maiores valores de comprimento equivalente ( $L_e$ ) em comparação aos modelos não autocompensantes. O mesmo foi observado por Gomes et al. (2010).

Modelo	Diâmetro Hidráulico (m)	Parâmetro $K_L$ da Eq. (4)	Intervalo Reynolds	$L_e$ (m)	$R^2$
NAC1,6	0,0134	0,322	6736,6 - 19341,4	0,163	0,9991
NAC1,8	0,0135	0,247	6686,7 - 19198,1	0,126	0,9923
NAC2,4	0,0134	0,301	6765,4 - 19341,7	0,152	0,9997
NAC2,6	0,0135	0,377	6576,6 - 19198,1	0,192	0,9988
AC1,6	0,0134	1,192	6734,5 - 19654,2	0,602	0,9987
AC1,7	0,0135	1,230	6654,7 - 19175,2	0,626	0,9991
AC2,7	0,0134	1,213	7654,5 - 20134,1	0,612	0,9958
AC2,9	0,0135	1,194	7263,2 - 19874,3	0,608	0,9999

Tabela 2: Coeficientes de carga cinética ( $K_L$ ) e comprimento equivalente ( $L_e$ ) calculado pela Eq.(10) para os modelos de tubos gotejadores avaliados

Na Figura 3 apresenta-se  $K_L$  em função do número de Reynolds (R) para os modelos de gotejadores estudados. Pode-se observar que os valores de  $K_L$ , para cada modelo de gotejador estudado, varia pouco para  $R > 10.000$ . Esse comportamento também foi observado por Bagarello et al. (1997), Provenzano e Pumo (2004) e Gomes et al. (2010). Isso indica que o escoamento através da seção de passagem pelo gotejador é dominado pelos efeitos de inércia, sendo secundários os efeitos viscosos. É notável a diferença entre os gotejadores com dispositivo autocompensantes de pressão e os não autocompensantes, observando-se dois grupos distintos, mas com comportamento semelhante.

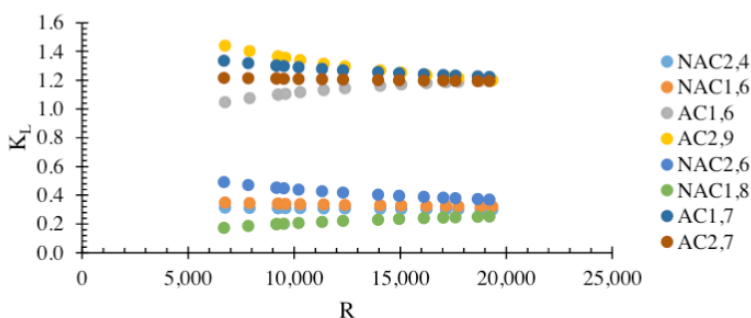


Figura 3: Valores médios de  $K_L$  em função de R

## 4 | CONCLUSÕES

1) A perda contínua de carga pode ser calculada pela equação de Darcy-Weisbach utilizando um fator de atrito calculado por uma função potência semelhante à de Blasius, com coeficiente  $a = 0,3154$  para o tubo com espessura de parede de 26 MIL, e  $a = 0,3193$  para espessura de parede de 36 MIL, ambos com  $b = 0,25$ .



2) Para o cálculo da perda localizada de carga foram obtidos coeficientes de carga cinética maiores para gotejadores autocompensantes (1,192 – 1,230) do que para gotejadores não autocompensantes (0,247 – 0,377), independente da espessura da parede do tubo.

3) Os valores do coeficiente de carga cinética ( $K_L$ ), para cada modelo de gotejador estudado, variou pouco para  $R > 10.000$ , indicando que o escoamento através da seção de passagem pelo gotejador é dominado pelos efeitos de inércia.

## REFERÊNCIAS

BARDESTANI, S.; GIVEHCHI, M.; YOUNESI, E.; SAJJADI, S.; SHAMSHIRBAND, S.; PETKOVIC, D. **Predicting turbulent flow friction coefficient using ANFIS technique**. *Signal, Image and Video Processing*, v.11, n.2, p.341-347, 2017.

BAGARELLO, V.; FERRO, V.; PROVENZANO, G.; PUMO, D. **Evaluating pressure losses in drip-irrigation lines**. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.123, n.1, p.1–7, 1997.

CARDOSO, G. G. De G.; KLAR, A. E. Índice geométrico e perda de carga localizada em conexões de emissores «online». *Engenharia Agrícola*, p. 1114-1127, 2014.

GOMES, A. W. A.; FRIZZONE, J.A.; RETTORE NETO, O.; MIRANDA, J.H.; **Perda de carga localizada em gotejadores integrados em tubos de polietileno**. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.3. p.435-446, 2010.

PROVENZANO, G.; PUMO, D. **Experimental analysis of local pressure losses for microirrigation laterals**. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.130, n.4, p.318-324, 2004.

RETTORE NETO, O.; FRIZZONE, J.A.; MIRANDA, J.H.; BOTREL, T.A. **Perda de carga localizada em emissores não coaxiais integrados a tubos de polietileno**. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.29, n.1, p. 8-39, 2009.

TANAKA, M.; GIRARD, G.; DAVIS, R.; PEUTO, A.; BIGNELL, N. **Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports**. *Metrologia*, v. 38, p. 301-309, 2001.

VEKARIYA, P.B; SUBBAIAH, R.; MASHRU, H.H. **Hydraulics of microtube emitters: a dimensional analysis approach**. *Irrigation Science*, v.29, p.341-350, 2011.

YASMINA, L.; RACHID, L. **Evaluation of energy losses in pipes**. *American Journal of Mechanical Engineering*, v.3, p.32-37, 2015.

WANG, Y., ZHU, D., ZHANG, L., ZHU, S. **Simulation of Local Head Loss in Trickle Lateral Lines Equipped with In-line Emitters Based on Dimensional Analysis**. *Irrigation and Drainage*, 67 (4), pp. 572-581, 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agricultura Irrigada 2, 2, 6, 8, 17, 19, 57, 65, 81, 94, 124, 126, 137, 143, 148, 156

Águas Salobras 94

Apocynaceae 92, 93, 111, 112, 116

Área Irrigada 4, 6, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 27, 124, 126, 127, 130, 131, 133, 135, 136, 137

Automação da Irrigação 149, 156

### B

Bioinvasão 111, 112, 113

### C

Citrullus lanatus 1

Cucumis melo L. 144, 145, 146, 157, 158

Cucurbita moschata L. 149, 150

### D

Densidade de Plantas 144, 145

Desenvolvimento Sustentável 6, 109, 124

Dimensionamento 21, 32, 46, 48

### E

Estimativa 20, 21, 22, 25, 46, 48, 58, 66, 67, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 138, 141, 142, 149, 151, 152, 154, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 166

Estresse 87, 88, 90, 92, 93, 101, 111, 114, 115, 116, 154, 166, 170, 171

Evapotranspiração 3, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 56, 57, 58, 61, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 90, 93, 96, 113, 124, 125, 138, 140, 141, 142, 143, 149, 151, 152, 153, 157, 161, 162, 163

### F

Fertirrigação 1, 2, 3, 4, 146, 148, 160

### H

Halotolerante 101, 117

### I

Inovação Tecnológica 56, 58

Irrigação por Gotejamento 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 32, 33, 34, 41, 44, 46, 47, 65, 96, 129, 130, 145, 147

## L

Laterais Inclinadas 32

Laterais Pareadas 32, 34, 35, 39, 43

Linha Lateral 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 145, 147

Lisímetros 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 94, 95, 138, 140

## M

Macronutrientes 94, 96, 98, 99

Manejo da Irrigação 3, 21, 58, 67, 120, 149, 157, 158

Melhoramento Genético 168, 169, 170, 171, 175

Métodos de Irrigação 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136

Métodos Empíricos 66, 70, 142

## N

Nivelamento 26, 28, 29, 30

## P

Penman-monteith 22, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 138, 139, 141, 142, 153, 157, 161, 162

Perda de Carga 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 55

Pluviômetro 20, 22, 56, 58, 63, 64

Poaceae 82, 83, 85, 169

Projeto Hidráulico 26

## Q

Qualidade de Frutos 144

## R

Recursos Hídricos 6, 8, 19, 124, 126, 137, 148, 150, 158

## S

Saccharum spontaneum 168, 169, 171

Salinidade 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 111, 113, 114, 115, 117, 118, 120, 121, 122, 123

Sensor de Granier 157

Substratos Salinos 117

Sucroenergético 167, 168, 169

## T

Temperatura 20, 22, 23, 24, 28, 29, 36, 41, 47, 49, 50, 68, 78, 82, 84, 85, 86, 88, 91, 92, 96, 104, 105, 106, 111, 114, 115, 151, 159, 160, 161, 162

Termo Higrômetro 20, 22

Topografia 26, 31

# Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 