

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e
seus Campos de Atuação

3



Tamara Rocha dos Santos
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2021

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e
seus Campos de Atuação

3



Tamara Rocha dos Santos
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2021

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 Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaió – 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 Internazionale 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
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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 Gírlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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 Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
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 Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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 Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
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 Federacl 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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
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
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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. Dr. Adailson 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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 Albornoz – 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. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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

Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação 3

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Tamara Rocha dos Santos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação 3 / Organizadora Tamara Rocha dos Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-041-1

DOI 10.22533/at.ed.411210305

1. Agronomia. I. Santos, Tamara Rocha dos (Organizadora). II. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A “Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação” é uma obra que apresenta dentro de seu contexto amplas visões que reflete em ambientes agrícolas e seus campos de atuação trazendo inovações tecnológicas e sustentáveis que proporciona em melhorias sociais, ambientais e econômicas para toda comunidade agrária.

A coleção é baseada na discussão científica através de diversos trabalhos que constitui seus capítulos. Os volumes abordam de modo agrupado e multidisciplinar pesquisas, trabalhos, revisões e relatos de que trilham nos vários caminhos da Engenharia Agrônômica.

O objetivo principal foi apresentar de modo agrupado e conciso a diversidade e amplitude de estudos desenvolvidos em inúmeras instituições de ensino e pesquisa do país. Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

A obra apresenta-se como atual, com pesquisas modernas e de grande relevância para o país. Apresenta distintos temas interessantes, discutidos aqui com a proposta de basear o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos que de algum modo se dedicam pela Engenharia Agrônômica. Abrange todas regiões do país, valorizando seus diferentes climas e hábitos.

Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

Assim a obra Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação expõe um conceito bem fundamentado nos resultados práticos atingidos pelos diversos educadores e acadêmicos que desenvolveram arduamente seus trabalhos aqui apresentados de modo claro e didático. Sabe-se da importância da divulgação científica, portanto ressalta-se também a organização da Atena Editora habilitada a oferecer uma plataforma segura e transparente para os pesquisadores exibirem e disseminarem seus resultados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM UMA REGIÃO SEMIÁRIDA: UM ESTUDO NA BACIA DO SALGADO – CE, BRASIL

José Antônio Frizzone

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima

Claudivan Feitosa de Lacerda

DOI 10.22533/at.ed.4112103051

CAPÍTULO 2..... 15

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE CHUVAS PARA CONSERVAÇÃO DE SOLOS E ÁGUA NA CIDADE DE GOIÁS (GO)

Larissa Santos Castro

Roriz Luciano Machado

Joaquim José Frazão

Cássia Cristina Rezende

Aline Franciel de Andrade

Elizabete Alves Ferreira

Henrique Fonseca Elias de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.4112103052

CAPÍTULO 3..... 34

RECOMENDAÇÃO DE LÂMINAS DE FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA BOVINOCULTURA APÓS TRATAMENTO EM REATOR UASB

Júlia Camargo da Silva Mendonça Gomes

Camila da Motta de Carvalho

Everaldo Zonta

Henrique Vieira de Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.4112103053

CAPÍTULO 4..... 39

IMPLICATIONS OF AGRICULTURAL GYPSUM DOSES IN PHYSICAL-HYDRIC ATTRIBUTES OF A TYPIC HAPLORTOX AND ON ROOT GROWTH AND SOYBEAN PRODUCTIVITY

Francisco de Assis Guedes Junior

Deonir Secco

Luciene Kazue Tokura

DOI 10.22533/at.ed.4112103054

CAPÍTULO 5..... 53

ÁCIDOS FÚLVICOS, HÚMICOS E HUMINA EM LATOSSOLO SOB USO EM SISTEMA AGROFLORESTAL, POUSIO E PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Allana Pereira Moura da Silva

Julian Junio de Jesus Lacerda

Caio de Meneses Cabral

DOI 10.22533/at.ed.4112103055

CAPÍTULO 6.....59

CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA NA MEDIDA DO FLUXO DE SEIVA EM PINHÃO-MANSO

Ana Daniela Lopes
Vinicius Melo Rocha
Daniel Haraguchi Santos
Rafael Corradini
José Júnior Severino
João Paulo Francisco
Leonardo Duarte Batista da Silva
Marcos Vinicius Folegatti

DOI 10.22533/at.ed.4112103056

CAPÍTULO 7.....70

CLASSIFICAÇÃO EM PENEIRA DE GRÃOS DO CAFEIEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E SEQUEIRO

Matheus Gaspar Schwan
Pedro Henrique Steill de Oliveira
Jussara Oliveira Gervasio
Joab Luhan Ferreira Pedrosa
Ralph Bonandi Barreiros
Lucas Rosa Pereira
Edvaldo Fialho dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.4112103057

CAPÍTULO 8.....80

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE EM PYTHON PARA ESTIMAR A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE THORNTHWAITE

Victor Rodrigues Nascimento
André Luiz de Carvalho
Arthur Costa Falcão Tavares
Guilherme Bastos Lyra
Iêdo Peroba de Oliveira Teodoro
João Pedro dos Santos Verçosa

DOI 10.22533/at.ed.4112103058

CAPÍTULO 9.....88

CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E DESEMPENHO DE LISIMETROS DE PESAGEM PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA

Ana Daniela Lopes
Vinicius Melo Rocha
Daniel Haraguchi Santos
Rafael Corradini
José Júnior Severino
João Paulo Francisco
Leonardo Duarte Batista da Silva
Marcos Vinicius Folegatti

DOI 10.22533/at.ed.4112103059

CAPÍTULO 10..... 100

BALANCE DE MATERIA ORGANICA Y CAPACIDAD DE MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO DE DISTINTOS SUELOS CON FERTILIZACIÓN CONTINUA

Liliana Vega Jara

DOI 10.22533/at.ed.41121030510

CAPÍTULO 11 112

AGREGAÇÃO SOB DIFERENTES PEDOFORMAS EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO SUDESTE DO BRASIL

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Vanessa Aparecida Freo

Marcos Gervasio Pereira

Alexandre Santos Medeiros

Cristiane Figueira da Silva

Otávio Augusto Queiroz dos Santos

Renato Siquini de Souza

DOI 10.22533/at.ed.41121030512

CAPÍTULO 12..... 127

USO DE TENSÍÔMETROS NA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SUBSTRATOS PARA PLANTAS ORNAMENTAIS

Fátima Cibele Soares

Giordana Trindade de Abreu

Jumar Luís Russi

DOI 10.22533/at.ed.41121030513

SOBRE A ORGANIZADORA..... 140

ÍNDICE REMISSIVO..... 141

CAPÍTULO 8

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE EM PYTHON PARA ESTIMAR A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE THORNTHWAITE

Data de aceite: 28/04/2021

Data de submissão: 05/02/2021

João Pedro dos Santos Verçosa

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
(CECA)

Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/3979763280514620>

Victor Rodrigues Nascimento

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
(CECA)

Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/3278958657730958>

André Luiz de Carvalho

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
(CECA)

Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/0566251028412547>

Arthur Costa Falcão Tavares

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
(CECA)

Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/1057849427075216>

Guilherme Bastos Lyra

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
(CECA)

Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/1815395937563072>

Iêdo Peroba de Oliveira Teodoro

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
(CECA)

Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/1182262725256210>

RESUMO: Entre os métodos para estimar a Evapotranspiração Potencial (ET_0), o de Thornthwaite é o menos exigente em relação às variáveis de entrada, requerendo, apenas, dados de temperatura média do local. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um software em linguagem Python para viabilizar o planejamento e o manejo da irrigação para regiões de difícil acesso a dados climáticos, obtidos de estações meteorológicas, com apenas a temperatura média mensal como dado de entrada, além da informação referente a latitude do local. O estudo teve como base os dados oriundos de uma estação meteorológica do Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizada em Rio Largo, AL. Para avaliar o desempenho do software foi realizada a comparação entre os dados de ET_0 obtidos pelos métodos de Thornthwaite e Penman-Monteith, através dos parâmetros estatísticos: coeficientes de determinação (R^2), correlação de Pearson (r); Erro padrão da Estimativa (EPE) e os índices de concordância (d) e confiança (C). A correlação entre os valores obtidos apresentou os seguintes valores de r , d e c , respectivamente: 0,77; 0,82 e 0,63. Os resultados permitiram classificar o software como “regular” e indicou a viabilidade

para seu uso no planejamento e manejo da irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Água no solo; necessidade hídrica; modelagem; Python.

DEVELOPMENT OF A PYTHON SOFTWARE TO ESTIMATE THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION THROUGH THE THORNTHWAITE METHOD

ABSTRACT: Among methods to estimate Potential Evapotranspiration (ET_0), Thornthwaite methods has minor exigency in relation to input variables, requiring only average temperature data. In view of this, the present work aimed to develop software in Python language to enable the planning and management of irrigation for regions with difficult access to climatic data, obtained from weather stations, with only the average monthly temperature as input, besides latitude of the place information. The study was based on data from a meteorological station at the Laboratory of Irrigation and Agrometeorology (LIA), at the Federal University of Alagoas (UFAL), located in Rio Largo, AL. To evaluate the performance of the software, a comparison was made between the ET_0 data obtained by Thornthwaite and Penman-Monteith methods, using the statistical parameters: coefficients of determination (R^2), Pearson correlation (r); Standard error of the Estimate (EPE) and the agreement (d) and confidence (C) indices. The correlation between the values obtained showed the following r , d and c values, respectively: 0.77, 0.82 and 0.63. The results allowed to classify the software as “regular” and indicates its feasibility for irrigation planning and management using.

KEYWORDS: Water in the soil; water need; modeling; Python.

1 | INTRODUÇÃO

Para um planejamento, dimensionamento e manejo de um sistema de irrigação eficaz é necessário, a priori, um estudo sobre a água no solo. O conhecimento da demanda de água é fundamental uma vez que a necessidade de irrigação é, preliminarmente, determinada pelo balanço entre a precipitação e a evapotranspiração da cultura (ET_c), sendo essa, o produto entre a evapotranspiração potencial (ET_0) e o coeficiente de cultura (k_c). (PEREIRA *et al.*, 2007).

Utilizado por Thornthwaite, o termo “Evapotranspiração” expressa a ocorrência simultânea dos processos de perda da água do solo para a atmosfera e da transpiração das plantas. Doorenbos e Pruitt (1977) definiram o termo “Evapotranspiração de referência (ET_0)” como a que ocorre em uma superfície vegetada, com crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem deficiência hídrica.

As estimativas de ET_0 podem ser calculadas a partir de fórmulas empíricas, denominadas de método indireto, baseadas em elementos agrometeorológicos disponibilizados através de estações meteorológicas. Dentre as fórmulas empíricas utilizadas, a recomendada, conforme a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), está a do método de Penman-Monteith, utilizada para avaliação de outros métodos (ALLEN *et al.*, 1998). Entre os métodos para estimar a ET_0 , o de Thornthwaite é o menos exigente em relação às variáveis de entrada, requerendo, apenas,

dados de temperatura média do local.

Com o avanço tecnológico, linguagens e programas estão sendo utilizados na obtenção de resultados, a partir da possibilidade de armazenar e processar dados. Gocic & Trajkovic (2010) ao utilizar a linguagem de programação C#, desenvolveram um software que apresenta estimativas da evapotranspiração calculadas usando dados meteorológicos limitados.

Dentre as linguagens de programação existentes, Python destaca-se pela facilidade de aprendizado e velocidade nos resultados. O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um software em Python 3, para disponibilizar informações aos produtores e interessados, acerca da ET_0 em regiões com dados agrometeorológicos limitados. Os resultados gerados pelo software são fundamentais ao estabelecimento de alternativas de planejamento mais eficazes para utilização de água para a irrigação.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

As variáveis agrometeorológicas utilizadas para calcular as estimativas de ET_0 e, concomitantemente, inseridas no aplicativo, foram obtidas de uma estação meteorológica automática pertencente ao Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA), no *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), localizada no município de Rio Largo - AL (9°28" S, 35°49" W e 127 metros de altitude), situado na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. O clima é $B_2sB'_4b'_3$ Mesotérmico Úmido, conforme classificação de Thornthwaite. A precipitação pluvial anual média é de 1.800 mm, com o período chuvoso iniciando na primeira quinzena de abril e terminando na segunda quinzena de outubro. A temperatura média da região, com uma probabilidade de 80%, é de 23,14°. Os dados meteorológicos utilizados nesse trabalho correspondem aos valores mensais do ano de 2019.

A ET_0 padrão foi calculada pelo método de Penman-Monteith (FAO56) (Equação 1), e denominada de ET_{0PM} seguindo a metodologia proposta por Allen *et al.* (1998).

$$ET_0 = \frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Onde ET_0 – evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); R_n - saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹); G - fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); U_2 - velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s - pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa); e_a - pressão do vapor d'água do ar (kPa); T - temperatura média diária do ar (°C); s - inclinação da curva da pressão de vapor saturado versus temperatura (kPa °C⁻¹); γ - coeficiente psicrométrico (0,063 kPa °C⁻¹).

A R_n foi calculada como fração da irradiação solar (Hg) ($R_n = 0,572 Hg$; com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,927), feita com medições em grama em condições padrão, conforme Allen *et al.* (1998), realizadas pelo LIA da UFAL.

O método de Thornthwaite, empregado no script do programa (ET_pT), foi aplicado de acordo com Pereira *et al.* (2007):

$$ET_pT = 16(10 \frac{T_n}{I})^a \quad 0 \leq T_n \leq 26,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$ET_pT = -415,85 + 32,24 T_n - 0,43 T_n^2 \quad T_n > 26,0 \quad (3)$$

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 T_n)^{1,514} \quad (4)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I + 0,49239 \quad (5)$$

Onde ET_pT – evapotranspiração potencial (mm mês^{-1}); T_n – temperatura média do mês ($^\circ\text{C}$); I – índice que expressão nível de calor na região; a – expoente função do índice.

Para obter-se a ET_0 do mês correspondente, o valor de ET_pT é corrigido em função do fotoperíodo e do número de dias do mês, portanto:

$$ET_0t = ET_pT \text{ Cor} \quad (6)$$

$$\text{Cor} = (ND/30)(N/12) \quad (7)$$

Onde ND – número de dias do mês em questão; N – fotoperíodo daquele mês.

Para entrada de dados, foi desenvolvida uma interface interativa para o software, visando facilitar a manipulação dos dados e agilizando a interpretação dos resultados, conforme Figura 1.

Figura 1 - Interface gráfica do software para entrada de dados

Fonte: Os Autores (2021)

Os resultados da estimativa de ET_0 aparecem, para o usuário, de forma intuitiva e de simples visualização e manipulação. Foi realizada a análise dos valores estimados pelo método padrão (ET_{0PM}) e os estimados através dos cálculos do software a fim de se obter a correlação entre eles, baseando-se nos seguintes indicadores estatísticos: coeficiente linear (a); coeficiente angular (b); coeficiente de correlação (r); coeficiente de determinação (R^2); índice de concordância (d) de Willmott; erro padrão da estimativa (EPE) e pelo coeficiente de confiança ou desempenho (c). O erro padrão da estimativa (EPE) ($mm\ mes^{-1}$), descrito por Allen *et al.* (1986), foi determinado conforme Equação 8:

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum(O_i - P_i)^2}{n-1}} \quad (8)$$

O índice de Willmott (d), proposto por Willmott *et al.* (1985), foi determinado conforme Equação 9:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (9)$$

Onde P_i – ETpt ($mm\ mês^{-1}$); O_i – EtoPM ($mm\ mês^{-1}$); O – média dos valores de EToPM ($mm\ mês^{-1}$).

Os valores para “d” podem variar de 0, para nenhuma concordância, a 1, para maior concordância. O índice “c”, proposto por Camargo & Sentelhas (1997), é obtido através do produto entre o índice de Willmott (d) e o coeficiente de correlação (r). A interpretação do resultado deve estar de acordo com os referidos autores, conforme a Tabela 1:

Índice de desempenho (c)	Classificação
> 0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Regular
0,41 – 0,50	Mal
≤ 40	Péssimo

Tabela 1 - Critério de interpretação do desempenho do método pelo índice “c”

Fonte: Camargo & Sentelhas (1997).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os parâmetros estatísticos e os resultados do índice classificatório de desempenho da análise feita a partir da comparação dos resultados da ET_0 , calculados pelo modelo padrão (ET_{0PM}), com as variáveis obtidas através da

estação meteorológica, e os resultados obtidos através do software, utilizando o modelo de Thornthwaite. Os resultados da estimativa da ET_0 são apresentados pelo software através de sua interface gráfica (Figura 2).



Figura 2 - Interface gráfica do software, com as entradas, nos widgets destacados em amarelo e as saídas (fotoperíodo médio do mês e ET_0)

Fonte: Os Autores (2021)

Ao analisar os coeficientes linear (a) e angular (b) do método utilizado pelo software, observa-se que foram estatisticamente significativos ($P > 0,01$, teste t). O método utilizado pelo software (ET_0T) apresentou apenas um desempenho “regular”, conforme Camargo & Sentelhas (1977b), porém, obteve boa correlação entre os resultados. Conceição & Mandelli (2005) avaliando o desempenho dos métodos que utilizam a temperatura do ar como variável de entrada e comparando os resultados aos valores obtidos através do método padrão-FAO, observaram que os valores de (d) e (c) para o método de Thornthwaite foram, respectivamente, 0,79 e 0,58. Esses valores são ligeiramente inferiores ao observados neste trabalho, essa divergência ocorre em virtude das diferenças climáticas entre as regiões estudadas. Camargo *et al.* (1999) constataram que, para regiões de clima seco, usando a temperatura média convencional (T_{med}) como variável de entrada, os valores da

ET_0 foram superestimados. Porém, ao utilizar a temperatura média efetiva (Tef) observou-se melhora no desempenho da equação.

Método	R ²	EPE	a	b	d	c	Desempenho***
ET_0T (software)	0,60	14,18	0,8381**	10,68**	0,82	0,63	Regular

Tabela 2 - Índice de Concordância de Willmott (d) e desempenho (c) para valores mensais de ET_0 calculada pelo software e comparados com o método padrão de Penman-Monteith. Período de janeiro a dezembro de 2019, Rio Largo, AL (WILLMOTT *et al.*,1985).

** Significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste t; *** Classificação do desempenho, conforme Índice c, de acordo com Camargo & Sentelhas (1997a).

Fonte: Os Autores (2021)

A correlação linear entre as variáveis, ET_0T e ET_0PM (Figura 3) é classificada, de acordo com Ferreira (2018) como correlação positiva alta, com um coeficiente de correlação de Pearson igual a 0,78. Gocic & Trajkovic (2010), ao analisar os resultados, encontraram uma concordância muito boa, em relação ao método padrão (ET_0PM), utilizando apenas a temperatura do ar como variável de entrada. O que mostra concordância com os resultados deste trabalho.

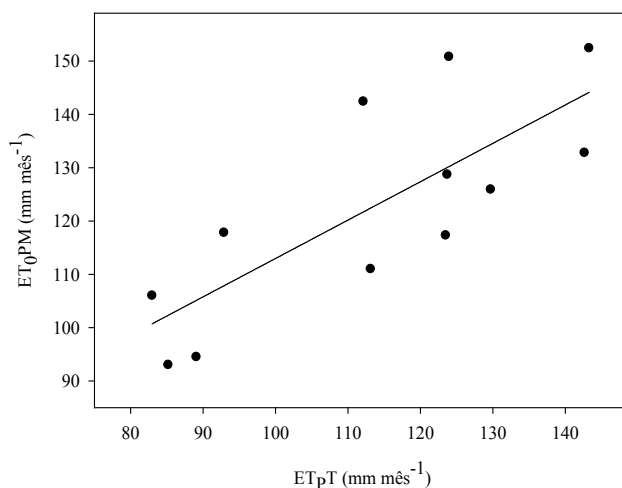


Figura 3 - Análise de regressão linear para Evapotranspiração Potencial pelo método de Thornthwite (ET_{0T}) e Evapotranspiração de Referência, calculada pelo método padrão, Penman-Monteith (FAO56) (ET_{0PM}), do ano de 2019 em Rio Largo, Alagoas.

Fonte: Os Autores (2021)

4 | CONCLUSÕES

Para regiões onde as variáveis meteorológicas são limitadas, o uso do software através do método de Thornthwaite, mostrou-se viável como uma ferramenta eficaz para uso no planejamento e manejo da irrigação.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 301p

CAMARGO, A. P. de; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; PICINI, A. G. **Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n.2, p.251-257, 1999.

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

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Campinas, v.13, n.2, p. 303-307, 2005.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requirement**. Rome: FAO, 1977. 144p. FAO (Irrigation and Drainage Paper 24).

FERREIRA P. V. **Estatística experimental aplicada às Ciências Agrárias**. IV ed. UFV. Viçosa. 588p. 2018.

GOCIC M.; TRAJKOVIC S. **Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data**. Computers and Electronics in Agriculture, v.71, n.2, p. 158-162, 2010.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DNNELL, J.; ROWE, C. M. **Statistics for the evaluation and comparison of models**. Journal of Geophysical Research, Ottawa, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura irrigada 1, 2, 5, 6, 12, 14, 59, 79, 88, 98

Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 28, 32, 34, 35, 37, 38, 59, 60, 63, 64, 67, 69, 70, 71, 72, 77, 78, 81, 82, 88, 91, 92, 93, 94, 115, 116, 117, 122, 124, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Água no solo 4, 28, 67, 81, 88, 91, 94, 134, 137, 138, 139, 145

Alumínio 40, 63, 115, 130

Atributos físico-hídricos 39

C

Capacidade de mineralización de suelos 100

Chuva de projeto 15, 17, 28, 29

Coefficiente de uso consuntivo da irrigação 1, 3, 6

Compartmentalização do carbono orgânico 119, 131

Compostos nitrogenados 34

Condutividade hidráulica 39, 145

D

Déficit hídrico 6, 7, 47, 70, 71, 79

Dissipação térmica 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68

E

Economia circular 34

Enchentes 15, 18, 22, 30

Erosão hídrica 15, 16, 17, 25, 32, 33

Estrutura do solo 40

Evapotranspiração 3, 8, 10, 59, 65, 73, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 96, 97, 98, 99

Evapotranspiração potencial 8, 80, 81, 83, 86, 87, 98

F

Fator R 15, 16, 17, 18, 22, 29

Fertilización de cultivos 100

Fertirrigação 34, 35, 36, 79

L

Latossolo amarelo 53, 55, 112

Latossolo vermelho distroférico típico 39

M

Manejo da irrigação 11, 12, 71, 72, 75, 80, 81, 87, 89, 90, 145

Manejos irrigados 70

Modelagem 81

N

Necessidade hídrica 81

P

Potencial hídrico 59

Produtividade econômica da água 1, 4, 5, 6, 7, 10, 11

Produtividade física da água 1, 3, 4, 5, 6, 10, 11

Profundidade 36, 53, 56, 57, 90, 112, 115, 116, 122, 137

Python 80, 81, 82

Q

Qualidade do solo 53, 55, 112, 113, 118, 119, 121, 129, 131

Qualidade física 70

R

Recursos hídricos 1, 2, 16

Restrições hídricas 1, 12, 71

Reuso 34

S

Segurança hídrica 1, 6, 12

Solo 1, 3, 4, 11, 12, 16, 17, 21, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 46, 47, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 67, 69, 72, 81, 82, 88, 90, 91, 92, 94, 96, 100, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 124, 126, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 145, 146, 147

T

Transpiração 3, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 81

V





Vias de formação de agregados 119

Volume de água 1, 6, 7, 11, 12, 135, 137, 141, 143

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e
seus Campos de Atuação

3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e
seus Campos de Atuação

3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br