

Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais 5

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2019

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)

Ensaio nas Ciências Agrárias e
Ambientais 5

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 Ensaio nas ciências agrárias e ambientais 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais; v. 5)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-041-4
DOI 10.22533/at.ed.414191601

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária - Brasil. 4. Sustentabilidade. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu Volume V, apresenta, em seus 24 capítulos, conhecimentos aplicados nas Ciências Agrárias.

O uso adequado dos recursos naturais disponíveis na natureza é importante para termos uma agricultura sustentável. Deste modo, a necessidade atual por produzir alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, constitui um campo de conhecimento dos mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas, assim como, de atividades de extensionismo que levem estas descobertas até o conhecimento e aplicação dos produtores.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias e manejos estão sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como manejo de recursos hídricos e recursos vegetais, manejo do solo, produção de biogás entre outros temas. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias e Ambientais, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar aos profissionais das Ciências Agrárias e áreas afins, trazer os conhecimentos gerados nas universidades por professores e estudantes, e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e manejos que contribuíssem ao aumento produtivo de nossas lavouras, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AJUSTE MENSAL DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE IGUATU/CE	
Gilbenes Bezerra Rosal	
Eugenio Paceli de Miranda	
Rayane de Moraes Furtado	
Tatiana Belo de Sousa Custódio	
Cristian de França Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4141916011	
CAPÍTULO 2	10
ANÁLISE ESPACIAL DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB	
Thiago César Cavalcante de Vasconcelos	
Estéfanny Dhesirée Paredes Pereira	
Francicléa Avelino Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.4141916012	
CAPÍTULO 3	18
ANÁLISE MACROSCÓPICA DAS IMPLICAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA CIDADE DE JI-PARANÁ (RO), SUDOESTE DA AMAZÔNIA	
Victor Nathan Lima da Rocha	
Nara Luísa Reis de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.4141916013	
CAPÍTULO 4	31
APLICAÇÃO DO MODELO LANDGEM PARA ESTIMAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA/PB	
Dayse Pereira do Nascimento	
Monica Carvalho	
Susane Eterna Leite Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.4141916014	
CAPÍTULO 5	42
COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA DE BATIDAS DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL E SEU EFEITO NO RENDIMENTO	
Letícia Passos da Costa	
Dian Lourençoni	
Mariela Regina da Silva Pena	
Vinícius Pereira Mello Ribeiro	
César Barbieri	
Otávio Augusto Carvalho Nassur	
DOI 10.22533/at.ed.4141916015	
CAPÍTULO 6	47
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO	
Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti	
Laércio Ferro Camboim	
DOI 10.22533/at.ed.4141916016	

CAPÍTULO 7 60

DESEMPENHO DE TENSÍÔMETRO DIGITAL NO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO EM UM CAMBISSOLO

Luiz Eduardo Vieira de Arruda
Sérgio Luiz Aguilar Levien
Vladimir Batista Figueirêdo
José Francismar de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.4141916017

CAPÍTULO 8 67

DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE AGREGADO DE MANEJO DE AGROTÓXICOS PARA A REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO – BA

Rogério César Pereira de Araújo
Victor Emmanuel de Vasconcelos Gomes
Rosângela Santiago Gomes

DOI 10.22533/at.ed.4141916018

CAPÍTULO 9 83

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO SOBRE A POROSIDADE, MICRO E MACROPOROSIDADE EM SOLOS DE TEXTURAS DISTINTAS

Debora Oliveira Gomes
Cleidiane Alves Rodrigues
Aline Noronha Costa
Layse Barreto de Almeida
Fernanda Paula Sousa Fernandes
Vicente Bezerra Pontes Junior
Michel Keisuke Sato
Daynara Costa Vieira
Augusto José Silva Pedroso

DOI 10.22533/at.ed.4141916019

CAPÍTULO 10 89

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

Jhon Lennon Bezerra da Silva
Geber Barbosa de Albuquerque Moura
Fabrício Marcos Oliveira Lopes
Ênio Farias de França e Silva
Pedro Francisco Sanguino Ortiz
Frederico Abraão Costa Lins

DOI 10.22533/at.ed.41419160110

CAPÍTULO 11 99

MANEJO, PERCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS DO MUNICÍPIO DE ARARUNA-PB

Lucas Moura Delfino
Anderson Oliveira de Sousa
Luiz Ricardo da Silva Linhares
Felipe Augusto da Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.41419160111

CAPÍTULO 12	107
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM DE MORRINHOS, EM POÇÕES – BAHIA	
Vivaldo Ribeiro dos Santos Filho Zorai de Santana dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.41419160112	
CAPÍTULO 13	111
O REDD+ NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE	
Fernanda Coletti Pires Sônia Regina Paulino	
DOI 10.22533/at.ed.41419160113	
CAPÍTULO 14	128
PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO E INJUSTIÇA AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA COOPERATIVA DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC)	
Viviane Kraieski de Assunção Vitória de Oliveira de Souza Mario Ricardo Guadagnin Leandro Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.41419160114	
CAPÍTULO 15	144
PROJEÇÃO FUTURA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA MESORREGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Gabriela Rodrigues da Costa Henderson Silva Wanderley	
DOI 10.22533/at.ed.41419160115	
CAPÍTULO 16	150
PROPOSTA DE ÍNDICE DE SALINIDADE DOS RESERVATÓRIOS DO ALTO JAGUARIBE ALÉM DA VARIABILIDADE TEMPORAL	
Geovane Barbosa Reinaldo Costa Helba Araújo de Queiroz Palácio José Ribeiro de Araújo Neto Daniel Lima dos Santos Diego Pereira de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.41419160116	
CAPÍTULO 17	161
“REFLEXÕES E RELATOS DE EXPERIÊNCIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM PROJETO DE EXTENSÃO: (RE) PENSAR A QUALIDADE SANITÁRIA NO COMÉRCIO DE CARNES DOS MERCADOS PÚBLICOS DE CAVALEIRO E DAS MANGUEIRAS, JABOATÃO DOS GUARARAPES/ PE, 2015-2017”	
Aline Clemente de Andrade Yuri Carlos Tiétre de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.41419160117	

CAPÍTULO 18 170

RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E CAPACIDADE DE SUPORTE EM ÁREA IRRIGÁVEL NUMA FAZENDA EM QUIXERAMOBIM-CE

Francisca Luiza Simão de Souza
Francisco Ezivaldo da Silva Nunes
Edmilson Rodrigues Lima Junior
Roberta Thércia Nunes da Silva
Rildson Melo Fontenele
Antonio Geovane de Morais Andrade

DOI 10.22533/at.ed.41419160118

CAPÍTULO 19 176

RESSUSCITAÇÃO CARDIO-RESPIRATÓRIA DE NEONATOS CANINOS NASCIDOS POR CESARIANA – RELATO DE CASO

Sharlenne Leite da Silva Monteiro
Jacqueline Alves Itame
Ana Clara Batisti Pasquali
Camila Lima Rosa
Luciana do Amaral Oliveira
Carla Fredrichsen Moya Araújo

DOI 10.22533/at.ed.41419160119

CAPÍTULO 20 182

SERVIÇO SOCIAL: UMA INTERLOCUÇÃO COM A QUESTÃO AMBIENTAL

Adeilza Clímaco Ferreira
Amanda Pereira Soares Lima
Carla Montefusco de Oliveira
Joselma Ramos Carvalho Santos
Maria Angélica Barbosa Marinho de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.41419160120

CAPÍTULO 21 192

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO/SE

Neuma Rúbia Figueiredo Santana
Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Inajá Francisco de Souza
Carlos Alexandre Borges Garcia

DOI 10.22533/at.ed.41419160121

CAPÍTULO 22 200

PRODUÇÃO DE FITOMASSA POR *Cratylia argentea* (FABACEAE) EM SISTEMA DE ALEIAS NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

Walter José Rodrigues Matrangelo
Virgínio Augusto Diniz Gonçalves,
Savanna Xanti Gomes
Iago Henrique Da Silva
Leila de Castro Louback Ferraz
Mônica Matoso Campanha

DOI 10.22533/at.ed.41419160122

CAPÍTULO 23 214

PROJETO LEITENERGIA: UM MODELO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA DE ORIGEM DE RESÍDUOS DE ANIMAIS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA: NO SUDOESTE DO PARANÁ

Carila Tiele Valendolfe Costa
Almir Antônio Gnoatto
Ana Claudia Schllemer dos Santos
Cleverson Busso
Izamara de Oliveira
Diane Pilonetto

DOI 10.22533/at.ed.41419160123

CAPÍTULO 24 218

SISTEMAS TELEMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Sérgio Francisco Pichorim
Adriano Ricardo de Abreu Gamba
Karol de Freitas Champaoski
Leonardo Henrique dos Santos Castilho

DOI 10.22533/at.ed.41419160124

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 233

AJUSTE MENSAL DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE IGUATU/CE

Gilbenes Bezerra Rosal

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

Email: gilbenesbezerrarosal@gmail.com

Eugenio Paceli de Miranda

Prof. Doutor IFCE, Iguatu - Ceará, Email:

eu.paceli@yahoo.com.br.

Rayane de Moraes Furtado

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

Tatiana Belo de Sousa Custódio

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

Cristian de França Santos

Graduando do Curso Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE, campus Iguatu-Ceará.

RESUMO: A determinação da evapotranspiração é um componente fundamental para o balanço hídrico e para o manejo da irrigação o que garante o uso racional de água e energia. O objetivo desse estudo é fazer uma avaliação mensal da evapotranspiração de referência diária usando o método de Hargreaves-Samani, comparando com a equação de Penman-Monteith FAO-56 para o município de Iguatu-Ceará e parametrizar os coeficientes de ajustes mensais ($\alpha = 0,0023$ e $\beta = 0,5$, valores originais) para aumentar o desempenho do método. Para avaliar o desempenho antes e

após a parametrização foram usados o índice de concordância de Camargo e Sentelha (c), o Erro Padrão de Estimativa (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM). Foram coletados dados diários da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa máxima (URmax), umidade relativa mínima (URmin), velocidade do vento (vv) e insolação (n). Na comparação mensal da equação original de Hargreaves-Samani com a equação de Penman-Monteith, o melhor desempenho foi para o mês de fevereiro, cujo índice de concordância foi de 0,7496, classificado como mediano. Com a parametrização, o melhor desempenho foi para o mês de janeiro, com um índice de concordância de 0,8779, classificado como muito bom. Observou-se também uma melhora nos EPE e EAM.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico; Manejo de irrigação; Penman-Monteith.

ABSTRACT: The determination of evapotranspiration is a fundamental component for water balance and for irrigation management, which guarantees the rational use of water and energy. The objective of this study is to make a monthly evaluation of the daily reference evapotranspiration using the Hargreaves-Samani method, buying with the Penman-Monteith FAO-56 equation for the municipality of Iguatu-Ceará and to produce coefficients of

monthly adjustments ($\alpha = 0,0023$ e $\beta = 0,5$, original values) to increase the performance of the method. To evaluate performance before and after parameterization were used the Camargo and Sentelha (c), Standard Error of Estimate (EPE) and Mean Absolute Error (EAM) values. Were collected daily data of the maximum temperature (Tmax), minimum temperature (Tmin), maximum relative humidity (URmax), minimum relative humidity (URmin), wind speed (vv) and insolation (n). In the monthly comparison of the Hargreaves-Samani equation with the Penman-Monteith equation, the best performance was for the month of February, whose agreement index was 0.7496, for the month of February, classified as medium. With the adjusted equation, the best performance was for the month of January, with a concordance index of 0.8779, classified as very good. There was also an improvement in EPE and EAM.

KEYWORDS: Water balance; Irrigation management; Penman-Monteith.

INTRODUÇÃO

O manejo da irrigação pode ser feita através da medição direta da umidade do solo e conjuntamente com outros parâmetros físicos do solo e da cultura é possível determinar a lâmina de irrigação. Para isso pode-se utilizar de equipamentos, sondas ou sensores, mas antes é necessário calibrá-los para o solo e para profundidade em que se deseja fazer o manejo da irrigação. Outro procedimento é através da estimativa da quantidade de água consumida pela cultura e perdida pelo processo de evaporação da água pela superfície do solo, que é denominada de evapotranspiração da cultura.

A evapotranspiração de referência foi definida por Thornthwaite em 1948 como a perda de água de uma extensão superfície vegetada, de porte rasteiro, em fase de desenvolvimento ativo e sem limitação hídrica (FRANCISCO et al., 2017).

Bezerra et al. (2014) afirma que a evapotranspiração é um fator preponderante no balanço hídrico, estudos de modelagem, caracterização de riscos climáticos e manejo de irrigação. Sendo um dos principais componentes do ciclo hidrológico (ALENCAR et al., 2011). Para Bezerra et al. (2014) a evapotranspiração pode ser usada para o estabelecimento de um desenvolvimento sustentável na gestão da água. Para Santos et al. (2017) a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo à planta.

O manejo da irrigação, seja por meio do uso da evapotranspiração ou por outro método, leva ao uso racional da água e conseqüentemente também ao uso racional da energia. Coelho (2007) afirma que a energia usada em sistema de irrigação pressurizado pode representar 70% dos custos variáveis. Para Marcusso e Wendland (2010) para uma área de um hectare irrigado o custo com energia elétrica representou 19,7% dos custos totais. Entretanto, durante o dimensionamento de sistema de irrigação a preocupação dos técnicos é quase que exclusivamente hidráulico.

Existem métodos de estimativa da evapotranspiração bastantes simples que requerem apenas dados de temperatura, até métodos mais complexos baseados em

modelos físicos, que exigem vários dados de entrada, como o método de Penman-Monteith, considerado como o método padrão pela FAO (CARVALHO; DELGADO, 2016).

Entretanto, o método de Penman-Monteith requer variáveis meteorológicas muitas vezes não disponíveis, motivo pelo qual muitas pesquisas buscam avaliar métodos que utilizam um menor número de parâmetros climáticos e que apresentam um bom desempenho (KALLAL et al., 2017), levando à utilização de equações empíricas, por serem mais viáveis e práticas (SANTIAGO et al., 2017). Ainda segundo Kallal et al. (2017), diferenças de clima e condições atmosféricas de cada região justificam as diferenças nas estimativas de cada método e demandam estudos regionais e sazonais para identificar o método mais adequado às condições locais.

O método de Hargreaves e Samani é sugerido por Allen et al. (1998) como uma opção para estimar a evapotranspiração de referência, precisa apenas de temperatura do ar. Entretanto, muitos trabalhos têm sido realizados propondo ajustes locais para esse método (MEHDIZADEH et al., 2017; COBANER et al., 2017).

Com o objetivo de avaliar o desempenho dos métodos empíricos para estimar a evapotranspiração de referência para Piracicaba, São Paulo, Nascimento et al., (2017) comparando-os ao método padrão de Penman-Monteith, o método de Hargreaves-Samani foi um dos que apresentaram os melhores desempenhos. Vieira et al. (2017) avaliando o desempenho da equação de Hargreaves-Samani em sete municípios do estado do Espírito Santo encontraram desempenho deste ótimo até sofrível.

Para Lima et al. (2017) avaliando os métodos de Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Radiação solar para Maceió, Alagoas, o método de Hargreaves-Samani foi o que apresentou o pior resultado. O mesmo foi constatado por Andrade Júnior et al. (2017) avaliando os métodos de Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor e Thornthwaite para o estado do Piauí, esses autores verificaram que o desempenho do método de Hargreaves-Samani foi classificado de “mau” a “péssimo”. Resultados semelhantes foram encontrados por Alencar et al. (2011) para três municípios de Minas Gerais e por Santos et al. (2017).

Vários trabalhos têm sido realizados com o intuito de fazer um ajuste local para equação de Hargreaves-Samani (BORGES JÚNIOR, 2017; BUCIO et al., 2014; COBANER et al., 2016; FENG et al.; 2017; ISSAKA et al., 2017; JERSZURKI e SOUZA, 2013; MACÊDO et al., 2017; MEHDIZADEH et al.; 2017). Macêdo et al. (2017) verificaram que o ajuste dos parâmetros da equação de Hargreaves-Samani proporcionou melhores resultados que o modelo original, que antes foi considerado inadequado para o local de estudo.

OBJETIVO

O objetivo desse estudo é fazer uma avaliação mensal da evapotranspiração de referência diária usando o método de Hargreaves-Samani, comparando com a

equação de Penman-Monteith FAO-56 para o município de Iguatu-Ceará e parametrizar mensalmente os coeficientes da equação de Hargreaves-Samani ($\alpha = 0,0023$ e $\beta = 0,5$, valores originais).

METODOLOGIA

O ajuste da equação de Hargreaves-Samani foi feito para o município de Iguatu/CE, localizado a uma latitude de $06^{\circ} 21' 34''$ S e a uma longitude de $39^{\circ} 17' 55''$ O. A pluviosidade no município é de 1.079 mm anuais, com chuvas concentradas de janeiro a maio. Com temperaturas que variam, conforme a época do ano e local, de mínimas de aproximadamente 20°C até máximas de 35°C . As médias térmicas mensais, no entanto, giram entre 25°C e 29°C .

De acordo com a classificação climática de Köppen, o município apresenta clima BSw'h' (semiárido quente).

Os dados meteorológicos diários foram obtidos junto ao portal do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para: temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$), umidade relativa máxima ($UR_{\text{máx}}$), umidade relativa mínima ($UR_{\text{mín}}$), velocidade do vento (v_v), insolação (n).

A avaliação do desempenho da equação foi feito com o método da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith FAO-56, considerada como método padrão (Equação 1).

$$ET_{oPM} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{med} + 273} \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot v_2)} \quad (1)$$

Em que: ET_{oPM} – evapotranspiração de referência Penman-Monteith (mm dia^{-1}); Δ – declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); R_a – radiação líquida ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); G – densidade do fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); γ – constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); T_{med} – temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$); v_2 – velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s^{-1}); e_a – pressão parcial de vapor (kPa); e_s – pressão de saturação de vapor (kPa).

A análise dos dados foi feita através do índice de concordância de Camargo e Sentelha (Equação 2).

$$c = d \cdot r \quad (2)$$

Em que: c – índice de concordância de Camargo e Sentelha (adimensional); d – índice de Willmott (adimensional) e r – coeficiente de correlação de Pearson (adimensional).

A determinação do índice de Willmott (d) foi feita através da Equação 3.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (3)$$

Em que: P_i - i-ssimo valor do método a ser ajustado; O_i – i-ssimo valor do método padrão; \bar{O} – valor médio do método padrão.

A classificação do desempenho do índice de concordância de Camargo e Sentelha (c) é feita de acordo com 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	Sufrível
0,41 – 0,50	Mal
<= 0,40	Péssimo

Tabela 1. Critérios de classificação do índice de desempenho (c).

Os índices do Erro Padrão de Estimativa (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM) são mostrados, respectivamente, nas equações 4 e 5.

$$EPE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n - 1} \right]^{0,5} \quad (4)$$

EPE – erro padrão de estimativa (mm dia^{-1}); O_i – estimativa do método padrão (mm dia^{-1}); P_i – estimativa do método avaliado (mm dia^{-1}); n – número de observações.

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n} \quad (5)$$

EAM – erro absoluto médio (mm dia^{-1}); O_i – estimativa do método padrão (mm dia^{-1}); P_i – estimativa do método avaliado (mm dia^{-1}); n – número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de concordância “c” antes e após a parametrização para cada mês são apresentados na Tabela 2.

É possível observar que a parametrização melhorou o coeficiente de desempenho “c” em oito dos doze meses, em quatro meses piorou, maio, julho, setembro e outubro. Entretanto, nos meses de maio, julho e setembro as diferenças entre a EToPM e EToHS

mensal, caíram de 19%; 28,7% e 31,4% para 0,13%; 3,7% e 0,07%, respectivamente, indicado que a parametrização aproximou os dados entre o método de Penmam-Monteith e Hargreaves-Samani, apesar do índice de concordância “c” afirmar o contrário.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do Erro Padrão Estatístico (EPE) e do Erro Absoluto Médio (EAM) antes e após a parametrização.

Para o erro padrão estatístico (EPE) a parametrização melhorou o desempenho do método de Hargreaves-Samani para onze meses, exceto para o mês de outubro. Para o erro absoluto médio (EAM), o desempenho do método após a parametrização melhorou em dez meses, exceto para os meses de fevereiro e outubro.

Meses	Antes da parametrização		Após a parametrização	
	Índice “c” Classificação	Índice “c”	Índice “c”	Classificação
Janeiro	0,6173	Mediano	0,8960	Ótimo
Fevereiro	0,7496	Bom	0,8450	Muito bom
Março	0,5423	Sofrível	0,7350	Bom
Abril	0,7679	Muito bom	0,8779	Ótimo
Mai	0,3722	Péssimo	0,1869	Péssimo
Junho	0,4713	Mau	0,7818	Muito bom
Julho	0,3323	Péssimo	0,2128	Péssimo
Agosto	0,2480	Péssimo	0,4354	Mau
Setembro	0,2323	Péssimo	0,0557	Péssimo
Outubro	0,5668	Sofrível	0,4171	Mau
Novembro	0,4958	Mau	0,6729	Bom
Dezembro	0,6176	Mediano	0,7796	Muito bom
Média	0,5011		0,5746	

Tabela 2. Índices de concordância mensal “c” para a equação original de Hargreaves-Samani e parametrizada.

Com relação aos três índices de comparação entre os dois métodos, o mês de outubro foi o único mês em que o desempenho piorou para esses três índices, o que também pode ser explicado pela diferença entre os valores mensais entre os métodos antes e depois da parametrização que aumentou de 14,9% para 23,1%. Verifica-se então, que há discordâncias entre os resultados apresentados pelos três índices para os meses de fevereiro, maio e julho. Oliveira (2016) em um estudo para avaliar diferentes técnicas no estudo de concordância entre métodos verificou que nenhum índice é eficiente para explicar sozinho a comparação de desempenho entre esses métodos.

Na Tabela 4 são apresentados os valores dos coeficientes “ α ” e “ β ” após a parametrização.

Meses	Antes da parametrização		Após a parametrização	
	EPE	EAM	EPE	EAM
Janeiro	2,2665	1,9787	0,9416	0,7525
Fevereiro	0,8413	0,6886	0,6272	5,2414
Março	1,0187	0,8562	0,6035	0,5002
Abril	0,1408	0,4881	0,0456	0,3871
Mai	0,2416	1,0105	0,0764	0,6040
Junho	0,2457	1,1939	0,0834	0,3123
Julho	2,1249	1,9121	0,9226	0,6413
Agosto	2,8835	2,7404	1,1191	0,9597
Setembro	2,7907	2,6121	0,7167	0,5651
Outubro	1,1766	1,0544	1,4920	1,3020
Novembro	1,1334	1,0099	0,4482	0,3493
Dezembro	1,3507	1,1006	0,8859	0,6879

Tabela 3. Erro padrão estatístico (EPE) e erro absoluto médio (EAM) para a equação original de Hargreaves-Samani e parametrizada.

Meses	Coeficientes parametrizados	
	α	β
Janeiro	0,00116	0,90832
Fevereiro	0,00198	0,61975
Março	0,00126	0,85029
Abril	0,00083	0,96569
Mai	0,00650	0,01526
Junho	0,00455	0,31166
Julho	0,01108	0,00709
Agosto	0,01104	0,00000
Setembro	0,01192	0,00000
Outubro	0,00353	0,39272
Novembro	0,00469	0,28108
Dezembro	0,00135	0,79385

Tabela 4. Coeficientes após a parametrização para a equação de Hargreaves-Samani.

CONCLUSÕES

A parametrização mensal mostrou que os coeficientes “ α ” e “ β ” para a equação de Hargreaves-Samani variaram mensalmente para o município de Iguatu-Ceará e melhorou o desempenho desse método.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, L.P.; SADIYAMA, G.C.; WANDERLEY, H.S.; ALMEIDA, T.S.; DELGADO, R.C. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Norte de Minas Gerais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 5, p. 437-449, 2011.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. Roma, 1998.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SILVA, C.O.; SOUSA, V.F.; RIBEIRO, V.Q. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Piauí. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.1, p. 193-202, ago 2017.
- BEZERRA, J.M.; MOURA, G.B.A.; SILVA, E.F.F.; LOPES, P.M.O.; SILVA, B.B. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para Mossoró (RN, Brasil). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 211-220, 2014.
- BORGES JÚNIOR, J.C.F.; OLIVEIRA, A.L.M.; ANDRADE, C.L.T.; PINHEIRO, M.A.B. Equação de Hargreaves-Samani calibrada em diferentes bases temporais para Sete Lagoas, MG. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.25, n. 1, p. 38-49, 2017.
- BUCIO, H.A.K.; BÂ, K.M.; HERNÁNDEZ, F.M.; MORÁLEZ, S.S.; LÓPEZ, D.R. Recalibración regional de Hargreaves (HE y Krs) en México. **Revista Ingeniería Agrícola**, v. 4, n. 4, p. 14-18, 2015.
- CARVALHO, R.L.S.; DELGADO, A.R.S. Estimativas da evapotranspiração de referência do município de Ariquemes (RO) utilizando os métodos Penman-Monteith-FAO e Hargreaves-Samani. **Rev. Bras. Agric. Irr.**, v. 10, n. 6, Fortaleza, p. 1038-1048, 2016.
- COBANER, M.; CITAKOGLU, H.; HAKTANIR, T.; KISI, O. Modifying Hargreaves-Samani equation with meteorological variables for estimation of reference evapotranspiration in Turkey. **Hydrology Research**, v. 48, n. 2, p. 480-497, 2016.
- COBANER, M.; CITAKOGLU, T., KISI, O. Modifying Hargreaves-Samani equation with meteorological variables for estimation of reference evapotranspiration in Turkey. **Hydrology Research an International Journal**. V. 48, n. 2.
- COELHO, R.D. Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil. 2007, 205 p. Tese de LivreDocência. Departamento de Engenharia Rural. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.
- FENG, Y.; JIA, Y.; CUI, N.; ZHAO, L.; LI, C.; GONG, D. Calibration of Hargreaves model for reference evapotranspiration estimation in Sichuan basins of southwest China. **Agricultural Water Management**, v. 181, p. 1-9, 2017.
- FRANCISCO, P. R.M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R.M.; SANTOS, D.; SABOYA, L.M.F. Evapotranspiração de referência mensal e anula pelo método de Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, v. 20, 2017.
- HALLAL, M.O.C.; SCHÖFFEL, E.R.; BRIXNER, G.F.; CUNHA, A.R. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Pelotas, Rio Grande do Sul. **Rev. Cien. Agrar.**, v. 60, n. 1, p. 1-10, 2017.
- ISSAKA, A.I.; PAK, J.; ABDELLA, K.; POLLANEN, M. Analysis and calibration or empirical relationships for estimating evapotranspiration in Qatar: case study. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 143, n. 2, 2017.
- JERSZURKI, D.; SOUZA, J.L.M. Parametrização das equações de Hargreaves & Samani e

AngströmPrescott para estimativa da radiação solar na região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. **Ciência Rural**, v. 43, n.3, p. 383-389, 2013.

LIMA, F.G.; SÁ, M.B.; SILVA, J.C.; SILVA, C.B.; SANTOS, D.P.; SANTOS, M.A.L. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Maceió – AL. **Anais IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

MACÊDO, K.G.; ARRAES, D.D., LIMA JÚNIOR, J.C.; OLIVEIRA, W.C.; ARAUJO, Y.R. Ajuste dos parâmetros do modelo de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência em escala diária para maceió-AL. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 13, p. 1484-1491, 2017.

MARCUSSO, F.F.N.; WENDLAND, E. Otimização de rede de irrigação de micro aspersão usando algoritmos genéticos sob diferentes declividades e tarifação de água e energia elétrica. **Engenharia na Agricultura**, v. 18, n.1, p. 50-62, 2010.

MEHDIZADEH, S.; SAADATNEJADGHARAHASSNLOU, H.; BEHMANESH, J. Calibration of Hargreaves-Samani and Priestley-Taylor equations in estimating reference evapotranspiration in the Northwest of Iran. **Journal Archives of Agronomy and Soil Science**. V. 63, n. 7, 2017.

NASCIMENTO, J.G.; SOBENKO, L.R.; ELLI, O.A.; SANTOS, L.F.; MARIN, F.R. Comparação do desempenho de métodos indiretos para a estimativa da evapotranspiração de referência em Piracicaba-SP. **Anais IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, E.P. Métodos para análise de concordância: estudo de simulação e aplicação a dados de evapotranspiração. 2016, 177 p. Tese de Doutorado em Ciências. Área de concentração: Estatística e Experimentação Agronômica. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

SANTIAGO, E.J.P.; OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SILVA, R.R.; GONÇALVES, I.S.; SANTOS JÚNIOR, P.P. Ajuste da equação de Makkink para o município de Juazeiro-Bahia. **ANAIS IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

SANTOS, R. A.; SANTOS, E.P; SALES, R.A.; SANTOS, R.L. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). **Rev. Bras. Agric. Irr.**, v. 11, n. 4, Fortaleza, p. 1617-1626, 2017.

SANTOS, R. A.; SANTOS, E.P; SALES, R.A.; SANTOS, R.L. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). **Rev. Bras. Agric. Irr.**, v. 11, n. 4, Fortaleza, p. 1617-1626, 2017.

SANTOS, W. SÁ, M.B; COSTA, L.F.F.; SILVA, J.C.; SILVA, C.B.; SANTOS, M.A.L. Comparação de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Arapiraca-AL. **ANAIS IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

VIERIA, G.H.S. PETERLE, G.; LOSS, J.B.; LO MONACO, P.A.V; POLONI, C.M.M. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) no estado do Espírito Santo. **ANAIS IN: IV Inovagri International Meeting, XXVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, III Simpósio Brasileiro de Salinidade**. Fortaleza, 2017.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialização em Biotecnologia Vegetal pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de *vitroplantas*. Tem experiência na multiplicação “*on farm*” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; *Trichoderma*, *Beauveria* e *Metharrizum*, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-041-4

