

# **PESQUISAS**

## **AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
Organizadores



Pantanal Editora

2020

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)

# **PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**



Pantanal Editora

2020

Copyright© Pantanal Editora  
Copyright do Texto© 2020 Os Autores  
Copyright da Edição© 2020 Pantanal Editora  
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo  
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera  
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora  
Edição de Arte: A editora. Capa e contra-capas: canva.com  
Revisão: O(s) autor(es), organizador(es) e a editora

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto González – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez – ITSON (México)
- Profa. Msc. Lidiane Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Dra. Patrícia Maurer
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI

- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI
- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

#### Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

#### Ficha Catalográfica

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P472	<p>Pesquisas agrárias e ambientais [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 158p.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            ISBN 978-65-88319-20-8            DOI <a href="https://doi.org/10.46420/9786588319208">https://doi.org/10.46420/9786588319208</a></p> <p>1. Agricultura. 2. Meio ambiente. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es). O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

#### **Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
 Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
 Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **APRESENTAÇÃO**

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais” têm trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: a transformação improdutiva de uma montanha em cuba por meio do cultivo agroecológico, viabilidade do cultivo e produção de videira, agricultura e desenvolvimento sustentável, qualidade de polpas de bacuri e cupuaçu, tecnologias sociais para esgotamento sanitário, estudo sensorial e microbiológico de queijos artesanais condimentos, irrigação 4.0, economia solidária, caracterização bromatológica de resíduos do maracujá-amarelo, utilização do resíduo de goiaba e a poluição de águas no Nordeste do Brasil. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**


## SUMÁRIO


<b>Apresentação</b> .....	4
<b>Capítulo I</b> .....	7
Transformación de una finca improductiva de montaña en altamente productiva, mediante la aplicación de medidas agroecológicas .....	7
<b>Capítulo II</b> .....	20
Viabilidade do cultivo e da produção de videira Niágara Rosada ( <i>Vitis labrusca</i> L.) na região de Campo Grande/MS.....	20
<b>Capítulo III</b> .....	30
Agricultura e desenvolvimento sustentável: uma abordagem dos principais conceitos .....	30
<b>Capítulo IV</b> .....	42
Investigação da qualidade de polpas de bacuri e cupuaçu produzidas pela agricultura familiar do Estado do Pará .....	42
<b>Capítulo V</b> .....	51
Comparando viabilidades entre tecnologias sociais para esgotamento sanitário ribeirinho na Amazônia .....	51
<b>Capítulo VI</b> .....	65
Desenvolvimento, estudo sensorial e microbiológico de queijos artesanais condimentados .....	65
<b>Capítulo VII</b> .....	75
Irrigação 4.0: Métodos automatizados para a evapotranspiração .....	75
<b>Capítulo VIII</b> .....	91
Economia Solidária em Mato Grosso: Construção do Plano Estadual e perspectivas atuais .....	91
<b>Capítulo IX</b> .....	107
Caracterização bromatológica de resíduos do maracujá-amarelo ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> ) para aproveitamento alternativo na elaboração de ração animal .....	107
<b>Capítulo X</b> .....	122
Utilização do resíduo de goiaba ( <i>Psidium guajava</i> L.) em processos biotecnológicos para produção de ração animal .....	122
<b>Capítulo XI</b> .....	140
Poluição das águas no Nordeste do Brasil: levantamento bibliométrico avaliativo e relacional no período 2010-2020 .....	140


## Irrigação 4.0: Métodos automatizados para a evapotranspiração


Recebido em: 12/09/2020


Aceito em: 15/09/2020

 10.46420/9786588319208cap7

Willian Aparecido Leoti Zanetti<sup>1</sup> 

Bianca Bueno Nogueira<sup>2</sup> 

Diogo Lucca Sartori<sup>3</sup> 

Bruno César Góes<sup>4\*</sup> 

Fernando Ferrari Putti<sup>5</sup> 

### INTRODUÇÃO

A agricultura tem sido um dos setores que mais movimentam a economia no mundo. Porém, há inúmeros desafios, principalmente pela crescente interferência das mudanças climáticas, com irregularidade nos volumes de chuvas e aumento das temperaturas. Desse modo, se intensifica o investimento em torno de técnicas e processos tecnológicos como meio de atenuar esses efeitos (Alcaras et al., 2016).

Com esta evolução vem surgindo conceitos como Agricultura de Precisão e Agricultura 4.0, associados à conjuntos de tecnologias e ferramentas digitais, que permitem coletar, transmitir e processar dados em tempo real, otimizando desde o plantio até a colheita na produção agrícola, como forma de aumentar a produtividade e evitar perdas (Reghini; Cavichioli, 2020).

Incluem-se nesse conjunto de tecnologias, implementos agrícolas que permitem operar e monitorar remotamente por meio da introdução de rastreamento via satélite, drones, sensores, entre outros dispositivos e softwares de gestão de dados (Machado et al., 2018).

O gerenciamento integrado das informações, permite construir um suporte à tomada de decisões, garantindo adequações quanto ao uso de insumos, redução de custos, mão de obra, segurança, qualidade e redução de impactos ambientais. Como forma de englobar os sistemas agropecuários e tornar cada vez mais precisos (Bernardi et al., 2014).

Neste cenário de competitividade e riscos, o uso de recursos tecnológicos pode trazer soluções factíveis, principalmente relacionado com as mudanças climáticas que podem ocasionar em danos

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Agronomia, Viçosa, Minas Gerais.

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharias, Tupã, São Paulo.

<sup>4</sup> Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Departamento de Agronomia, Alfenas, Minas Gerais.

<sup>5</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharias, Tupã, São Paulo.

\* Autor(a) correspondente: fernando.putti@unesp.br

irreversíveis nas culturas. Desse modo, a concepção de irrigação vem contribuindo como meio de atenuar esses efeitos (Siqueira et al., 2018).

É de fundamental importância conhecer as necessidades hídricas das plantas, assim como o manejo compatível. Empregando sistemas de irrigação eficientes e conjugando de acordo com as circunstâncias necessárias de cada cultura para expressar seu potencial genético de produção (Dohler et al., 2016).

No entanto para determinação concisa de sistemas de irrigação, deve ser fundamentado a partir de uma análise de clima, cultura, custos, energia, solo, topografia, qualidade da água, além da mão de obra disponível. Como forma de adequar o manejo de água e assegura o uso eficiente das técnicas disponíveis (Tanaka et al., 2016).

Notando que nos últimos anos, com a necessidade de oferta de alimentos e a garantia de segurança alimentar e nutricional, vem consolidando-se sistemas mais pontuais, principalmente pela adoção da ideia de irrigação de precisão. Caracterizada por uma prática que adequa o conceito de uso inteligente da água na agricultura, por meio da promoção técnicas e processos que viabilizam o emprego de água no local, momento, na quantidade exata e da maneira precisa, minimizando os impactos ambientais.

O que se torna imprescindível a quantificação da água a ser empregada em determinada cultura, considerando os processos de evaporação e de transpiração das plantas. Visando adotar os princípios de evapotranspiração (ET<sub>o</sub>), no qual, princípios tecnológicos e de irrigação de precisão vem sendo adotados, com intuito de agregar o setor e trazer benefícios (Brixne et al., 2018).

Desse modo, objetivou-se com este trabalho contextualizar os conceitos de aplicação dos avanços na agricultura, com ênfase no setor de irrigação com a adoção e importância da tecnologia para intensificar e assegurar a demanda pela produção de alimentos.

## **IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA AGRICULTURA**

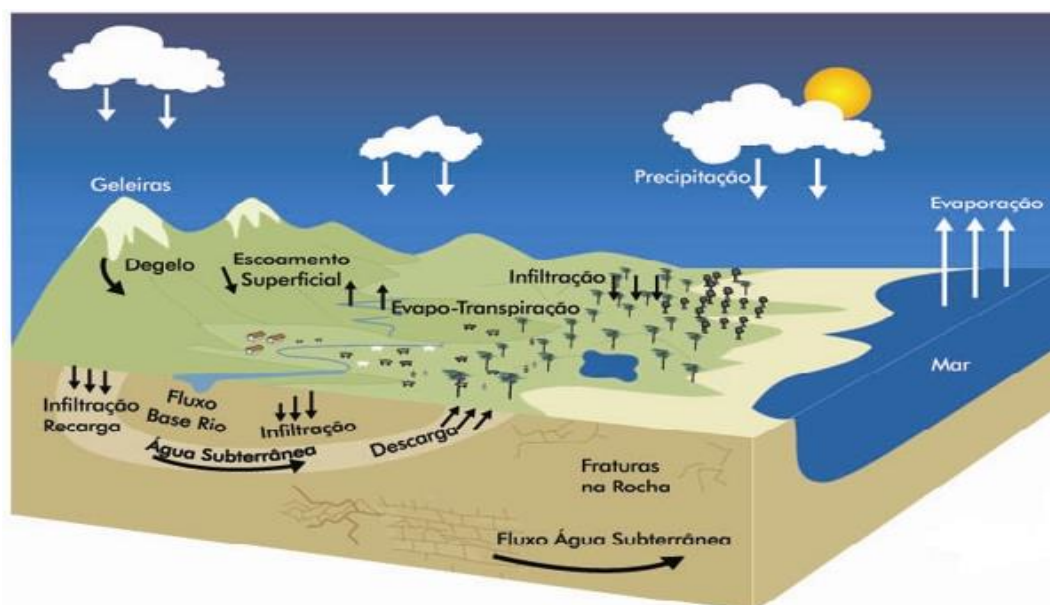
A água é um recurso de suma importância para manutenção das atividades vitais de sobrevivência no planeta. De extrema necessidade para consumo, porém fundamental para o desenvolvimento das atividades agrícolas na produção de alimentos.

O que torna imprescindível o seu uso racional e consciente, para que se tenha um controle e não se torne um recurso escasso. Pois o ciclo hidrológico global, que é a circulação de água através da atmosfera impulsionada, principalmente, pela gravidade, radiação solar e inclinação do planeta, controla a vida terrestre.



Neste sentido, em especial para a agricultura, o conhecimento do seu ciclo e seu planejamento é indispensável para desenvolvimento e manutenção. Pois a ciência por de trás do seu estudo, permite a elaboração de tomadas de decisão e aplicações (Pessoa et al., 2016).

Pois é necessário observar os elementos que constituem o ciclo e a maneira como se comportam, devido englobar resumidamente os processos físicos da estado da água, chegando à superfície por meio da precipitação no estado líquido, e retornando à atmosfera no estado gasoso pelo processo da evaporação ocorrido em lagos, rios e mares, constituindo um ciclo, no qual entre esses elementos tem diversos processos demonstrado na Figura 1 (Tortonda et al., 2017).



**Figura 1.** Processo do ciclo hidrológico. Fonte: MMA (2020).

As retiradas de água de riachos, aquíferos, desvios de rios e represas o alteram, com grande intensificação após a Revolução Industrial e as inovações tecnológicas da Revolução Verde. Além das mudanças climáticas advindas, principalmente, de ações antropológicas, os processos relacionados às mudanças no uso e cobertura da terra, como o desmatamento, irrigação em grande escala e construção de barragens alteraram fortemente o ciclo da água (Tundisi, 2003; D’Odorico et al., 2019).

As mudanças climáticas intensificam o ciclo hidrológico da terra, com consequências de alto impacto, que incluem a disponibilidade dos recursos hídricos e a produção agrícola. A evaporação e transpiração são centrais para o ciclo hidrológico, em que as suas séries temporais são excelentes indicadores da intensidade do ciclo, além desses, a precipitação, percolação, infiltração e drenagem também são componentes do ciclo hidrológico (Huntington, 2006; Prein; Pendergrass, 2019).

A agricultura ainda é a atividade que mais consome água no mundo, com cerca de 70% atrelado à agricultura e à produção de alimentos, e um dos maiores contribuintes para o desperdício da água é a baixa eficiência de irrigação (McNally et al., 2019). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (2017) cerca de 60% da água utilizada na irrigação é desperdiçada via escoamento para cursos d'água e evapotranspiração. Com isso, uma alta demanda por tecnologias inovadoras e assertivas surgiu, com o intuito de implementar estratégias de irrigação adequadas e sustentáveis.

A irrigação também está se adequando ao novo cenário da agricultura 4.0, que é voltada à criação de tecnologias avançadas que visem aprimorar e otimizar a produtividade agrícola. A agricultura irrigada é, em média, ao menos duas vezes mais produtiva em cultivos irrigados do que cultivos em sequeiro, o que permite a intensificação e diversificação da produção para atender a demanda mundial por alimentos.

Dentre os recursos tecnológicos, se destaca a Internet das coisas (*Internet of Things – IoT*), como parte de um sistema inteligente para o monitoramento da irrigação e tomada de decisão, que pode prever a taxa de infiltração de água sob irrigação (Mattar et al., 2017) e até modelar índices de estresse hídrico de culturas ao controlar a duração da irrigação com precisão (Alomar; Alazzam, 2019).

Neste contexto, estudos relacionados com a evapotranspiração e seus métodos se tornam imprescindível para determinação de manejos eficientes, com monitoramento e adoção de estratégias para o uso sustentável dos recursos hídricos.

## **EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

A evapotranspiração ( $ET_0$ ) é caracterizada pela transferência da água para a atmosfera, ocorrendo nas plantas a transpiração e evaporação da água do solo por meio de um processo simultâneo (Allen et al., 1998; Sentelhas et al., 2010).

A determinação de seus valores é essencial para fatores de planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação, produtividade, outorga de água e fins econômicos. Exercendo um importante papel para manutenção da agricultura, na garantia de produção de alimentos, no controle de volume de precipitações e formação de nuvens, além da hidrologia, com ênfase no desempenho do ciclo hidrológico (Carvalho et al., 2013).

Na determinação da  $ET_0$  existem o emprego de diversos métodos, como os de equações, tabelas e lisímetros, usualmente utilizado para ajuste ou determinação de valores de evapotranspiração a partir de informações obtidas de taque por meio de taxas de evaporação ou evapotranspiração. Porém uma das maiores dificuldades na obtenção de alguns métodos, está na ausência de informações

meteorológicas, de modo que, ferramentas menos complexas de dados atmosféricos, é uma possível alternativa (Antonopoulos; Antonopolos, 2017).

Considerando que para a obtenção de valores da  $ET_0$  de referência pode ser aplicados métodos diretos e indiretos, no qual frequentemente se emprega os indiretos por apresentarem menor complexibilidade e fundamentarem na utilização de métodos matemáticos a partir de referências meteorológicas (Brixner et al., 2018).

## MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

### *Método de Penman-Monteith*

A estimativa de  $ET_0$  pelo método de Penman-monteith caracteriza vantagens e considerado pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) como o mais adequado em relação a outros métodos que empregam estimativas empíricas com utilização de dados limitados de condições climáticas, por apresentar valores de  $ET_0$  que podem ser comparáveis em inúmeras regiões (Martí et al., 2015).

Contudo, o mesmo apresenta entraves quanto a necessidade de diversas variáveis climáticas, como: temperatura (mínima, máxima e média), velocidade do vento, umidade relativa e radiação solar, e nem todas as localidades permitem a aquisição desses dados, por não terem a disponibilidade de estações meteorológicas de fácil acesso (Escobedo et al., 2009). Podendo ser obtido pela Equação (1).

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

Sendo o  $R_n$ : a radiação líquida total diária ( $MJ \ m^{-2} \ d^{-1}$ );  $G$ : é o fluxo de calor no solo ( $MJ \ m^{-2} \ d^{-1}$ );  $\gamma$ :  $0,063 \ kPa \ ^\circ C^{-1}$  é a constante psicrométrica;  $T$ : é a temperatura média do ar ( $^\circ C$ );  $U_2$ : a velocidade do vento a 2 m ( $m \ s^{-1}$ );  $e_s$ : a pressão de saturação de vapor ( $kPa$ );  $e_a$ : o valor pressão parcial de vapor ( $kPa$ );  $s$ : declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar ( $kPa$ ).

Considerando que o valor da declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar ( $s$ ), pode ser obtida a partir da Equação (2).

$$s = \frac{4098 \times e_s}{(T + 237,3)^2} \quad (2)$$

Para o cálculo de pressão de saturação de vapor ( $e_s$ ), é utilizado a Equação (3).

$$e_s = 0,6108 \times 10^{\frac{7,5 \times T}{237,3 + T}} \quad (3)$$

E a pressão parcial de vapor ( $e_a$ ), pode ser determinada pela Equação (4).

$$e_a = \frac{e_s \times UR}{100} \quad (4)$$

## MÉTODO DE THORNTHWAITE

Este método foi desenvolvido para estimativa da evapotranspiração potencial ( $ET_p$ ) mensal, considerando como padrão o número de 30 dias em um mês e doze horas de insolação diária. Considerando o conjunto de equações elaborado por Thornthwaite (1948), fundamentado a partir do balanço hídrico de bacias hidrográficas e nos parâmetros determinantes de medidas de evapotranspiração executadas a partir do auxílio de lisímetros, empregando apenas o valor de temperatura do ar como variável independente. Inicialmente calcula-se a evapotranspiração potencial padrão ( $ET_o$ , mm/mês) pela Equação (5), onde  $0 \leq T_n < 26,5$  °C:

$$ET_p = 16 \times \left( \frac{10 \times T_n}{I} \right)^a \quad (5)$$

Sendo, a  $ET_p$ : evapotranspiração potencial (mm/mês); a  $T_n$ : temperatura média mensal do mês  $n$  (°C); o  $I$ : índice de calor da região e  $a$ : o coeficiente, também relacionado à temperatura.

Em situações de  $T_n \geq 26,5$  °C a  $ET_p$  será dada pela Equação (6).

$$ET_p = 415,85 + 32,24 \times T_n - 0,43 \times T_n^2 \quad (6)$$

O valor de  $I$  depende do ritmo anual da temperatura, integrando o efeito térmico de cada mês, sendo determinado pela Equação (7).

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2 \times T_n)^{1,514} \quad (7)$$

Sendo que:  $I$  é o índice de calor da região;  $T_n$  é a temperatura média mensal do mês  $i$  (°C).

O expoente  $a$ , sendo uma função de  $I$ , também é um índice térmico regional, definido a partir da Equação (8).

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} \times I + 0,49239 \quad (8)$$

Em condições em que o mês não tenha um padrão de 30 dias e cada dia com 12 horas de fotoperíodo. As condições do cálculo de  $ET_p$  deve ser corrigida para se obter a  $ET_o$  do mês correspondente, corrigindo pela Equação (9).

$$ET_{p\_corrigido} = ET_p \times Cor \quad (9)$$

Sendo que: a  $ET_p$  corrigido é a evapotranspiração potencial ajustada (mm/mês);  $ET_p$  é a evapotranspiração potencial calculada previamente (mm/mês);  $ND$  o número de dias do mês em questão;  $N$  é o fotoperíodo médio daquele mês. E a variável  $Cor$  são os valores que se encontram tabelados na Tabela 1, em função de diferentes latitudes para todos os meses do ano e determinado por meio da Equação (10).

$$Cor = \frac{ND \times N}{30 \times 12} \quad (10)$$

**Tabela 1.** Fator de Correção (Cor) da evapotranspiração em função do fotoperíodo. Fonte: Adaptado de Camargo (1962).

lat (s)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,90	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
22	1,14	1,00	1,05	0,97	0,95	0,89	0,94	0,99	1,00	1,09	1,10	1,16
23	1,15	1,00	1,05	0,97	0,95	0,89	0,94	0,98	1,00	1,09	1,10	1,17
24	1,16	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,17
25	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,87	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
26	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,87	0,92	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
27	1,18	1,02	1,05	0,96	0,93	0,86	0,92	0,97	1,00	1,11	1,12	1,19
28	1,19	1,02	1,06	0,95	0,93	0,86	0,91	0,97	1,00	1,11	1,13	1,20
29	1,19	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,13	1,20
30	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,84	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
31	1,20	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,96	1,00	1,12	1,14	1,22
32	1,20	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,95	1,00	1,12	1,15	1,23

## MÉTODO DE CAMARGO

Como a equação desenvolvida por Thornthwaite apresentava um grau de complexibilidade, Camargo (1960) para facilitar o cálculo de  $ET_p$ , realizou a substituição da variável I pela T, que corresponde diretamente à temperatura média anual da região em um nomograma. Fornecendo pela análise do nomograma em forma de tabela, na evapotranspiração potencial média mensal padrão (ETPp) para um mês padrão de 30 dias e 12 horas de fotoperíodo em função das temperaturas média diária e anual. Propondo por Camargo (1971) a seguinte Equação (11).

$$ET_0 = 0,01 \times Q_0 \times T \times ND \quad (11)$$

Sendo que:  $Q_0$ : é a irradiância solar no topo da atmosfera (mm) de evaporação equivalente (Tabela 2); o T: é a temperatura média do ar ( $^{\circ}C$ ), no período considerado; e ND: o número de dias do período considerado.

**Tabela 2.** Radiação solar diária no topo da atmosfera, (mm) de evaporação equivalente no 15º dia do mês correspondente, para o hemisfério Sul. Fonte: Adaptado de Camargo e Camargo (1983).

lat (s)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
0	14,5	15,0	15,2	14,7	13,9	13,4	13,5	14,2	14,9	14,9	14,6	14,3
2	14,8	15,2	15,2	14,5	13,6	13,0	13,2	14,0	14,8	15,0	14,8	14,6
4	15,0	15,3	15,1	14,3	13,3	12,7	12,8	13,7	14,7	15,1	15,0	14,9
6	15,3	15,4	15,1	14,1	13,0	12,6	12,5	13,5	14,6	15,1	15,2	15,1
8	15,6	15,6	15,0	14,0	12,7	12,0	12,2	13,2	14,5	15,2	15,4	15,4
10	15,9	15,7	15,0	13,8	12,4	11,6	11,9	13,0	14,4	15,3	15,7	15,7
12	16,1	15,8	14,9	13,5	12,0	11,2	11,5	12,7	14,2	15,3	15,8	16,0

14	16,3	15,8	14,9	13,2	11,6	10,8	11,1	12,4	14,0	15,3	15,9	16,2
16	16,5	15,9	14,8	13,0	11,3	10,4	10,8	12,1	13,8	15,3	16,1	16,4
18	16,7	15,9	14,7	12,7	10,9	10,0	10,4	11,8	13,7	15,3	16,2	16,7
20	16,7	16,0	14,5	12,4	10,6	9,6	10,0	11,5	13,5	15,3	16,2	16,8
22	16,9	16,0	14,3	12,0	10,2	9,1	9,6	11,1	13,1	15,2	16,4	17,0
24	16,9	15,9	14,1	11,7	9,8	8,6	9,1	10,7	13,1	15,1	16,5	17,1
26	17,0	15,9	13,9	11,4	9,4	8,1	8,7	10,4	12,8	15,0	16,5	17,3
28	17,1	15,8	13,7	11,1	9,0	7,8	8,3	10,0	12,6	14,9	16,6	17,5
30	17,2	15,7	13,5	10,8	8,5	7,4	7,8	9,6	12,2	14,7	16,7	17,6

## MÉTODO DE HARGREAVES E SAMANI

Este método foi desenvolvido por Hargreaves e Samani (1985) para condições semiáridas, sendo a ETP expressa pela Equação (12).

$$ET_0 = 0,0023 \times Q_0 \times (T_{\max} - T_{\min})^{0,5} \times (T_{\text{med}} + 17,8) \quad (12)$$

sendo:  $Q_0$ : a irradiância solar no topo da atmosfera, expressa em mm de evaporação (Tabela 2); o  $T_{\max}$ : a temperatura máxima do ar (°C); o  $T_{\min}$ : a temperatura mínima do ar (°C); o  $T_{\text{med}}$ : a temperatura média do ar (°C), no período considerado.

## MÉTODO DE PRIESTLEY-TAYLOR

Em localidades que apresentam variáveis do Saldo de Radiação ( $R_n$ ), a fórmula de Priestley e Taylor (1972) possibilita o cálculo da  $ET_0$  (mm.d<sup>-1</sup>), pela Equação (13).

$$ET_0 = \frac{1,26 \times W \times (R_n - G)}{2,45} \quad (13)$$

Sendo:  $R_n$  é a radiação líquida total diária (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>);  $G$  o fluxo total diário de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>); o  $W$  um fator de ponderação dependente da temperatura e do coeficiente psicrométrico.

Sendo  $W$  calculado pelas Equações (14) e (15) para condições de temperatura que apresentam (0,0 °C <  $T$  < 16 °C) e 11 para (16,1 °C <  $T$  < 32 °C):

$$W = 0,407 + 0,0145 \times T \quad (14)$$

$$W = 0,483 + 0,01 \times T \quad (15)$$

## MÉTODO DE TANQUE CLASSE A

A origem do tanque “Classe A foi a partir do desenvolvimento pelo Serviço Meteorológico Norte-Americano (U.S.W.B.) e com grande difusão pelo planeta e de grande utilização no Brasil, com emprego no setor de irrigação para determinação da evaporação (Peixoto et al., 2016).

**Tabela 3.** Coeficiente do tanque ( $K_{pan}$ ) para Tanque Classe A para diferentes bordaduras e níveis de umidade relativa e velocidade do vento em 24 horas, para tanques instalados em áreas cultivadas com vegetação baixa. Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

Vento (km/dia)	Bordadura(m)	Umidade Relativa do Ar		
		< 40%	40% a 70%	>70%
Leve <175	1	0,55	0,65	0,75
	10	0,65	0,75	0,85
	100	0,70	0,80	0,85
	1000	0,75	0,85	0,85
Moderado 175 a 425	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,60	0,70	0,75
	100	0,65	0,75	0,80
	1000	0,70	0,80	0,80
Forte 425 a 700	1	0,45	0,50	0,60
	10	0,55	0,60	0,65
	100	0,60	0,65	0,70
	1000	0,65	0,70	0,75
Muito Forte >100	1	0,40	0,45	0,50
	10	0,45	0,55	0,60
	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,55	0,60	0,65

É caracterizado por ser um cilíndrico com 1,20 m de diâmetro, 25 cm de profundidade, produzido a partir de chapa galvanizada, instalado sobre estrados de madeira à 15 cm da superfície do solo. A leitura de altura da lâmina evaporada é realizada a partir de um poço tranquilizador de 25 cm de altura e 10 cm de diâmetro, em que a partir do acoplamento de um parafuso micrométrico de gancho é possível aferir as variações de 0,01 m. (Pereira et al., 2014).

$$ET_0 = ECA \times K_p \quad (16)$$

Em que ECA: é a evaporação medida no Tanque Classe A, em mm/dia e o  $K_p$ : o coeficiente de ajuste.

Muitas vezes para viabilizar em sistemas informatizados de determinação  $ET_0$  e a interpolação dos dados, pode ser empregado a Equação (17) de regressão linear múltipla para obtenção do valor de  $K_{pan}$  (Allen et al., 1998).

$$K_p = 0,482 + 0,024 \times \ln(B) - 0,000376 \times U + 0,0045 \times UR \quad (17)$$

em que B: é a bordadura, em metros; U: velocidade do vento (km/d) e o UR: a umidade relativa média diária, em %.

Habitualmente quando não se tem os valores de UR e U disponíveis é utilizado um valor fixo de  $K_p$ . Empregando um valor que proporciona menores erros, como é o caso da adoção do  $K_p = 0,72$ , que muitos experimentos asseguram a exatidão deste valor para condições de clima úmido. Ou também pode ser empregado a Tabela 3 de coeficientes do tanque para diferentes bordaduras.

## AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA

Com o crescimento populacional e a demanda por alimentos, a produção agrícola necessitou acompanhar esses avanços para sustentação dos valores satisfatórios de produtividade. Buscando alinhar o manejo e adequar as necessidades das culturas de acordo com técnicas que possam driblar os efeitos negativos das mudanças climáticas (Nin-Pratt; McBride, 2014).

De modo que nos últimos anos com a tecnificação introduzida no ambiente rural, o planejamento baseado em experiência, tradição e percepção adotadas pelos produtores, sucedeu a informações baseadas em elementos estruturados, precisos e monitorados em tempo real. Em que a agricultura necessitou acompanhar os avanços tecnológicos e associar com atributos de garantia para melhores rendimentos (Oliveira et al., 2020).

Com o emprego dos elementos tecnológicos propicia informações de modo prático e preciso, para serem aplicados no monitoramento desde uso de água e nutrientes no solo até o comportamento na planta, necessitando muitas vezes de mão de obra especializada e investimentos para introdução e manutenção (Sousa et al., 2016).

O que desencadeou com o termo de Agricultura de Precisão, que a partir da invenção e estruturação da área de informática, softwares, sensores, sistemas de gerenciamento de informações geográficas, entre outras aplicações de elementos e técnicas, tensionaram otimizar os recursos e reduzir os insumos. Permitindo o produtor conhecer e supervisionar toda sua área de cultivo a partir da utilização deste conjunto de ferramentas (Miranda et al., 2017).

Assim, a agricultura de precisão que engloba a aplicação de práticas, tecnologias e métodos com a premissa de melhoria de produtividade e aumento da lucratividade, tem mostrado resultados satisfatórios nos últimos anos, principalmente em aplicações nas grandes culturas que representam relevância na balança comercial de exportação, como soja, milho, cana-de-açúcar, laranja, café, entre outras (Soares Filho; Cunha, 2015).

O que gera abertura e aprimoramento para introdução de outros conceitos como o da agricultura 4.0, que gera o conceito de otimizar as etapas de produção agrícola a partir da inclusão de tecnologias anexadas e conectadas por meio de sistemas, equipamentos, softwares, robótica, automação,



que permitem uma gestão, controle e monitoramento, resultando em uma redução de custos e desperdícios na produção agrícola (Esperidião et al., 2019)

Evidenciando que a cada dia mais coisas estão conectadas, pessoas, cidades, automóveis, residências, máquinas, etc., o que não é diferente no campo, onde a era digital e a comunicação de dados vêm se intensificando, principalmente com a evolução IoT, que abre uma infinidade de operações, em que se pode gerenciar, rastrear e monitorar informações, cruzar dados, detectar ocorrências de pragas e doenças a quilômetros de distância, ou seja, ter controle da propriedade na palma das mãos (Schlegel; Poletto, 2019).

Assim a introdução destes conceitos e técnicas, tem-se mostrando potencial para o desenvolvimento e manejo das culturas, o que relacionando com solo e água, o setor de irrigação tem mostrado interesse em adoção, principalmente pela adequação e possibilidade dos agricultores irrigantes assegurarem maiores produtividades. Sobretudo em consequência à distribuição de chuvas que não vem sendo uniformes, e sendo um ramo em que pontualidade de aplicação pode resultar em economia e ganhos significativos, é considerado um mercado promissor (Arantes et al, 2020).

## **TECNOLOGIA NA IRRIGAÇÃO**

A técnica de irrigação, adotada em todo o planeta, como forma de garantir a segurança de produção, bem como potencializar os sistemas de produção, visa corrigir em regiões áridas o déficit hídrico e irregularidades das chuvas. Propiciando na adoção de ferramentas tecnológicas, como forma de buscar métodos mais eficientes (Carvalho et al., 2013).

Conceito de destaque dentro dos setores agropecuários e com grande impulso de crescimento, devido sua magnitude de combinações com outros sistemas e o rendimento produtivo, além de estar atrelado com a expansão da agricultura deste a descoberta pela humanidade (Baldin et al., 2013).

No Brasil, o setor de irrigação está em constante crescimento, cada vez mais presente e com tendência a buscar pela inserção de dispositivos e processos que posam aprimorar a eficiência dos mecanismos utilizados. Visto que respostas econômicas favoráveis com o seu emprego em comparação com a agricultura de sequeiro, está na faixa de sete a oito vezes maior, além da possibilidade no aumento de produtividade de 350% (Pereira, 2020).

Considerando as mudanças climáticas e a escassez mundial de água doce, desafia o campo de produção agrícola e adoção das técnicas de irrigação. Dispondo em diversas argumentações, em razão de ser um sistema que demanda de uma quantidade significativa de água. O que exige da busca pela melhor gestão deste recurso e introdução de manejos eficientes e precisos (Cunha; Rocha, 2015).

Neste contexto, surge o conceito de irrigação de precisão, que busca integrar tomadas de decisão em tempo real sobre o clima, cultivo e solo, como forma de assegurar a distribuição de água e preservar

a eficiência, reduzindo os custos e impactos. Introduzindo técnicas, conceitos de gestão de dados e automação, para poder responder com exatidão, “quando e quando irrigar”, garantindo decisões precisas sobretudo à redução de custos, água e uso de energia que demandam um bom planejamento (Ceresoli et al., 2016).

Reconhecendo que o uso de tecnologia vem auxiliar a agricultura, em especial no manejo de irrigação, à um monitoramento mais eficiente. Em que vem sendo associado sensoriamento remoto, softwares, Veículos Aéreos Não Tripulado (VANTs), estações meteorológicas automáticas, sensores, entre os mais diversos métodos computacionais, como ferramentas de construção de suporte de decisão (Cavalcanti; Correia, 2020).

Com a entrada de ferramentas digitais e introdução desses conceitos nos sistemas de irrigação, no qual se tem cada vez mais estruturas com sistemas embarcados de monitoramento, como grandes pivôs centrais que possui grande inserção de tecnologias. Observa que o setor está em crescente evolução, adotando assim o conceito de Irrigação 4.0, que combinam modelos dinâmicos e controle de informações em tempo real (Clercq et al., 2018).

De forma que estas aplicações de sistemas inteligentes permitem agilidade e combinam dados com precisão para assegurar tomada de decisões. Além de poder controlar e programar o manejo de irrigação da propriedade em qualquer lugar e a qualquer momento com base em dados de clima, solo, cultura, entre outras. Garantindo eficiência e uma melhor gestão dos recursos (Massruhá; Leite, 2016).

Notando que o processo de adoção de tecnologia no setor vem se intensificando aos longos dos anos, onde empresas, pesquisadores, produtores e pessoas ligadas ao ramo, buscam inovar e tentar introduzir os novos conceitos, como forma de atender as demandas agrícolas.

## CONCLUSÃO

Em contexto, verifica-se que a tecnologia no meio agrícola, alcançou novos patamares e trouxe uma nova estruturação no conceito de produtividade, com presença em diversos processos e seguimentos do setor, sendo que com a irrigação não foi diferente. Desta forma, torna possível o uso ou o aumento a conectividade no campo, assegurando a economia e ao mesmo tempo alinhando as questões de sustentabilidade, além de tornar o manejo mais eficiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaras LMA, Rousseaux MC, Searles PS (2016). Responses of several soil and plant indicators to post-harvest regulated deficit irrigation in olive trees and their potential for irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, 171(1): 10-20.

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, *Irrigation and Drainage*, 56: 297.
- Alomar B, Alazzam AA (2019). Smart Irrigation System Using IoT and Fuzzy Logic Controller. *Information Technology Trends: Emerging Technologies for Artificial Intelligence*, 1(1): 175-179.
- Antonopoulos VZ, Antonopoulos AV (2017). Daily reference evapotranspiration estimates by artificial neural networks technique and empirical equations using limited input climate variables. *Computers and Electronics in Agriculture*, 132(1): 86-96.
- Arantes BHT, Arantes LT, Giongo PR, Moraes VH, Costa ET, Silva PC (2020). Eficiência de distribuição do sistema de irrigação, por meio de um veículo aéreo não tripulado de baixo custo. *Brazilian Journal of Development*, 6(4): 20332-20346.
- Baldin ELL, Fujihara RT, Cruz PL, Souza AR, Kronka AZ, Negrisoni E (2013). *Tópicos especiais em proteção de plantas*. Editora: FEPAF, Botucatu. 164p.
- Bernardi ACC, Naime JM, Resende AV, Bassoi LH, Inamassu RY (2014). *Agricultura de Precisão: Resultados de um novo olhar*. 1 ed. Empraba, Brasília. 596p.
- Brixne GF, Silva JR, Heldwein AB, Leonardi M, Puhl AJ, Salvadé DM (2018). *Ajuste das equações de estimativa da evapotranspiração de referência para Torres-RS*. Congrega Urcamp, 15(15): 706-720.
- Camargo AP (1960). *Balanço hídrico no estado de São Paulo*. IAC.
- Camargo AP (1962). Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Bragantia*, 21(1): 163-213.
- Camargo AP (1971). *Balanço hídrico no Estado de São Paulo*. 3. ed. Instituto Agrônomo. Campinas. 24p.
- Camargo AP, Camargo MBP (1983). Teste de uma equação simples da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura média do ar. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Campinas, 229- 244p.
- Carvalho IR, Korcelski C, Pelissari G, Hanus AD, Rosa GM (2013). Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17): 966-985.
- Cavalcanti AJFN, Correia FP (2020). Validação de uma rede de sensores sem fio aplicada à fruticultura irrigada do vale do São Francisco. *Brazilian Applied Science Review*, 4(5): 2763-2780.
- Ceresoli LL, Sobenko LR, Silva BK, Armindo RA (2016). Variabilidade espacial dos atributos físico-hidráulicos do solo em uma área e estimativa da lâmina de irrigação de precisão. *Irriga*, 1(1): 179-190.
- Clercq M, Vats A, Biel A (2018). Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. *The World Government Summit*, 1(1): 1-30.
- Cunha KCB, Rocha RV (2015). Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma arduino. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 1(2): 62-74.

- D’Odorico P, Carr J, Dalin C, Angelo JD, Konar M, Laio F, Ridolfi L, Rosa L, Suweis S, Tamea S (2019). Global virtual water trade and the hydrological cycle: Patterns, drivers, and socio-environmental impacts. *Environmental Research Letters*, 14(5): 1-34.
- Dohler RE, Klippel AH, Xavier AC (2016). Efeito das mudanças climáticas na demanda de irrigação na cultura do café conilon e do mamoeiro no Espírito Santo. *Revista Agro@ambiente On-line*, 10(1): 83–87.
- Doorenbos J, Kassam AH (1994). Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, *Estudos FAO: Irrigação e Drenagem*, 33: 306.
- Escobedo JF, Gomes EM, Oliveira AP, Soraes J (2009). Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. *Applied Energy*, 86(1): 299-309.
- Esperidião TL, Santos TC, Amarante MS (2019). Agricultura 4.0: Software de Gerenciamento de Produção. *Pesquisa e Ação*, 5(4): 122-131.
- FAO (2017). *Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Brasília. 244p.
- Hargreaves GH, Samani ZA (1985). Reference crop evapotranspiration from ambient temperature. *Applied Engineering Agriculture*, 1(2): 96-99.
- Huntington TG (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319(4): 83–95.
- Machado J, Padilha MRF, Lira FP, Oliveira JG, Silva, RS, Caetano MBC (2018). Agricultura de Precisão e abertura de novas fronteiras no Brasil. *Revista Geama*, 4(1): 49-53.
- Martí P, Gonzalez-Altozano P, Lopez-Urrea R, Mancha LA, Shiri J (2015). Modeling reference evapotranspiration with calculated targets. Assessment and implications. *Agricultural Water Management*, 149(1): 81-90.
- Massruhá SMFS, Leite MAA (2016). Agricultura Digital. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 2(1): 72-88.
- Mattar MA, El-Marazky MS, Ahmed KA (2017). Modeling sprinkler irrigation infiltration based on a fuzzy-logic approach. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(1): 1-10.
- Mcnally A, McCartney S, Ruane AC, Mladenova IE, Whitcraft AK, Reshef IB, Bolten JD, Lidard CDP, Rosenzweig C, Uz SS (2019). Hydrologic and agricultural Earth observations and modeling for the water-food nexus. *Frontiers in Environmental Science*, 7(3): 1-16.
- MMA (2020). *O Ciclo Hidrológico*. Ministério do Meio Ambiente Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/420-ciclo-hidrol%C3%B3gico.html>>. Acesso em: 04/09/2020.

- Miranda ACC, Veríssimo AM, Ceolin AC (2017). Agricultura de Precisão: Um mapeamento da base da Scielo. *Revista Gestão Organizações*, 15(1): 129-137.
- Nin-Pratt A, McBride L (2014). Agricultural intensification in Ghana: Evaluating the optimist's case for a Green Revolution. *Food Policy*, 48(1): 153-167.
- Oliveira AJ, Silva GF, Silva GR, Santos AAC, Caldeira DAS, Barelli MAA (2020). Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. *Brazilian Journal of Development*, 6(9): 64140-64149.
- Peixoto TDC, Leviaen SLA, Bezerra AHF, Silva STA, Sobrinho JE (2016). Coeficiente do tanque classe A para a região de Mossoró, RN. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 10(2): 515-521.
- Pereira AL, Silva SL, Mediros JF, Figueirêdos VB, Queiroz Junior IS, Sousa Neto MP (2020). Automação de precisão utilizando arduino e inversor de frequência aplicado a sistemas de irrigação por válvulas. *Irriga*, 25 (1): 27-37.
- Pereira PC, Silva TGF, Silva SMS, Cruz Neto JF, Moraes JEF (2014). Avaliação e aplicabilidade do coeficiente do tanque classe a no Médio Pajeú, Pernambuco. *Revista Caatinga*, 27(1): 131-140.
- Pessoa MF, Assis LF, Vieira AS (2016). Planejamento ótimo da água na agricultura irrigada: um estudo de caso em um perímetro paraibano. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 7(1): 221-234.
- Prein AF, Pendergrass AG (2019). Can We Constrain Uncertainty in Hydrologic Cycle Projections? *Geophysical Research Letters*, 46(7): 3911–3916.
- Priestley CHB, Taylor RJ (1972). On the assessment for surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review*, 100: 81-92.
- Reghini FL, Cavichioli FA (2020). Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. *Interface Tecnológica*, 17(1): 329-339.
- Schlegel GA, Poletto ASRS (2019). Smart Agriculture: estudo exploratório sobre a agricultura orientada pela tecnologia da informação e comunicação. *Revista Intelecto*, 2(1): 1-5.
- Sentelhas PC, Gillespie TJ, Santos EA (2010). Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. *Agricultural Water Management*, 97(5): 635-644.
- Siqueira T, Siqueira AP, Martorano LG, JRSC, Tânia MGS, Milani RG (2018). Irrigapote: Aprendizagem coletiva na utilização de tecnologia de irrigação sustentável. *Educação Ambiental em Ação*, 1(1): 1-20.
- Soares Filho, R, Da Cunha JPAR (2015). Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás – Brasil. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, 35(4): 689-698.
- Sousa SS, Moreira SG, Castro GF (2016). Avaliação da fertilidade do solo por Agricultura de Precisão e Convencional. *Revista Agrogeoambiental*, 8(1): 33-46.

- Tanaka AA, Souza AP, Klar AE, Silva AC, Gomes AWA (2016). Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. *Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília*, 51(2): 91-104.
- Thornthwaite CW (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1): 55-94.
- Tortonda AP, Rivera GG, Tortosa, MC (2017). La literatura como vehículo para el aprendizaje de la ciencia: el ciclo del agua. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 35(12): 201-215.
- Tundisi JG (2003). Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Ciência Cultural*, 55(4): 31-33.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

aceitabilidade, 66, 71  
agricultores, 7, 8  
agricultura de precisão, 75, 84, 87, 88, 89, 90  
agroecologia, 7, 8  
amazônicas, 52, 56, 62  
análises, 21, 23, 26, 44, 45, 47, 67, 68, 69, 71,  
113, 115, 133, 143, 151  
área de várzea, 56, 62

### B

banheiro ecológico ribeirinho, 52, 53, 57  
barreras, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 18

### C

caracterização, 4, 43, 45, 73, 74  
comercialização, 22, 28, 29, 46, 92, 93, 94, 100,  
101, 103, 104, 124, 128  
contaminação, 30, 34, 52, 57, 126, 130, 140,  
141, 142, 148, 150, 151  
cooperativismo, 93

### D

desenvolvimento  
ambiental, 34  
econômico, 30, 32, 33, 91, 93  
social, 33

### E

economia solidária, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97,  
98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106  
efluentes, 51, 141, 149  
elaboração, 62, 66, 69, 70, 77, 96, 99, 101, 107,  
109, 125, 129  
espécies, 35, 42, 43, 109, 112

### F

fermentação semissólida, 108, 111, 114, 125,  
129, 134, 136  
finca, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17  
fossa séptica biodigestora, 52, 53, 54, 61, 63  
frutas, 21, 28, 42, 43, 45, 46, 47, 49, 50, 56,  
107, 109, 122, 123, 124, 125, 128, 129, 137,  
138

### I

IoT, 78  
irrigação, 4, 26, 29, 56, 76, 77, 78, 83, 85, 86,  
87, 88, 89

### L

legislação, 45, 46, 47, 51, 66, 91  
levedura, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118,  
124, 126, 127, 128, 130, 132, 133, 134, 135,  
136, 138

### M

metais pesados, 140, 141, 142, 146, 149, 150  
micro-organismo, 108, 116, 126, 128, 130, 133,  
134  
Minas frescal, 66, 70  
montaña, 5, 7, 8, 14, 18

### N

nativas, 43, 48, 50, 109

### P

participação popular, 93  
pequenos, 23, 38, 51, 61, 93, 110  
políticas públicas, 41, 91, 93, 94, 95, 97, 98, 99,  
100, 102, 103, 104  
polpas, 4, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 133,  
134  
producción, 7, 8, 9, 14, 17, 19

proteína unicelular, 136

**R**

recursos hídricos, 38, 77, 78, 139, 145, 151,  
152

resíduos agroindustriais, 107, 125, 130, 138

**S**

Santiago de Cuba, 7, 8, 18, 19, 155

segurança alimentar, 33, 43, 76

sensores, 75, 84, 86, 87

sustentabilidade, 4, 20, 31, 32, 33, 36, 38, 39,  
86, 96, 98, 101, 125, 129, 145



## SOBRE OS ORGANIZADORES



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 150 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 124 resumos simples/expandidos, 52 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Contato: alan\_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 52 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 33 organizações de e-books, 20 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.



ISBN 978-658831920-8



**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)