

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



**A Dinâmica  
Produtiva da  
Agricultura  
Sustentável**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)

# A Dinâmica Produtiva da Agricultura Sustentável

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

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

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

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

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

D583 A dinâmica produtiva da agricultura sustentável [recurso eletrônico] /  
Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. –  
Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-639-3  
DOI 10.22533/at.ed.393192309

1. Agricultura. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente  
– Preservação. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario.  
CDD 363.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

Atena  
Editora

Ano 2019

## APRESENTAÇÃO

O livro “A Dinâmica Produtiva da Agricultura Sustentável” aborda uma publicação da Atena Editora, e apresenta, em seus 16 capítulos, trabalhos relacionados com preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável na atualidade do Brasil.

Este livro dedicado ao desenvolvimento sustentável, traz uma variedade de artigos que mostram diferentes estratégias aplicadas por diversas instituições de pesquisa na procura de soluções sustentáveis frente ao estresse salino, indução de aumento de brotações em frutíferas, drones no monitoramento remoto na cafeicultura, produção de mudas, uso de biogás, otimização de adubos químicos e irrigação. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área de agronomia, robótica, geoprocessamento de dados, educação ambiental, manejo da água, entre outros.

Estas aplicações e tecnologias visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país. Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área do desenvolvimento sustentável, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADUBAÇÃO COM SILÍCIO NO PIMENTÃO CULTIVADO SOB ESTRESSE SALINO	
Raíra Andrade Pelvine Douglas José Marques	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
ALTERNATIVAS PARA INDUÇÃO DA BROTAÇÃO EM FRUTEIRAS DE CLIMA TEMPERADO	
Camilo André Pereira Contreras Sánchez Marlon Jocimar Rodrigues da Silva Daniel Callili Bruno Marcos de Paula Macedo Ronnie Tomaz Pereira Victoria Monteiro da Motta Leticia Silva Pereira Basílio Camila Vella Gomes Giovanni Marcello Angeli Gilli Coser Charles Yukihiro Watanabe Sarita Leonel Marco Antonio Tecchio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
ANÁLISE DE PARÂMETROS DE VOOS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NA GERAÇÃO DE ORTOMOSAICO PARA CAFEICULTURA	
Luana Mendes Dos Santos Gabriel Araújo e Silva Ferraz Brenon Diennevan Souza Barbosa Marco Thulio Andrade Diogo Tubertini Maciel Diego Bedin Marin Alan Delon Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
CRESCIMENTO DE PLANTAS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS A DOSES DE GIBERELINA	
Fábio Santos Matos Camila Lariane Amaro Winy Kelly Lima Pires Victor Alves Amorim Victor Luiz Gonçalves Pereira Larissa Pacheco Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>38</b>
CUNICULTURA E MAXIMIZAÇÃO DA RENDA INTEGRADA DA PROPRIEDADE RURAL	
Ana Carolina Kohlrausch Klinger Diuly Bortoluzzi Falcone Geni Salete Pinto De Toledo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923095</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>44</b>
DESERTIFICAÇÃO EM GILBUÉS – PI: DEGRADAÇÃO DOS SOLOS, IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIOAMBIENTAIS	
Dalton Melo Macambira Maria do Socorro Lira Monteiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923096</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>56</b>
IMPACTOS AMBIENTAIS RESULTANTES DA MINERAÇÃO E DA INDÚSTRIA CERAMISTA NO VALE DO RIO TIJUCAS - SANTA CATARINA	
Annemara Faustino José Francisco Hilbert Odacira Nunes Rafael Francisco Cardoso Juarês José Aumond	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>69</b>
MEIO AMBIENTE E HISTÓRIA: CAPÍTULOS DA MATA ATLÂNTICA NA BAHIA ESCRITOS ENTRE MACHADOS E SERRAS	
Marcos Vinícius Andrade Lima Natane Brito Araújo Marjorie Cseko Nolasco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>81</b>
PERSPECTIVAS PARA A (RE)PRODUÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR À LUZ DO DESENVOLVIMENTO RURAL: POSSIBILIDADES PARA O ESPAÇO RURAL DO ESTADO DA BAHIA	
Marcio Rodrigo Caetano de Azevedo Lopes Ivna Herbênia da Silva Souza Sidney dos Santos Souza Mila Fiuza Wanderley Rocha Márcia Gonçalves Bezerra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3931923099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>89</b>
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS DE BOVINOCULTURA LEITEIRA POR MEIO DA CODIGESTÃO COM MACRÓFITAS DA ESPÉCIE <i>SALVINIA</i>	
Leonardo Pereira Lins Laercio Mantovani Frare Paulo Rodrigo Stival Bittencourt Thiago Edwiges Eduardo Eyng Jéssica Yuki de Lima Mito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39319230910</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>98</b>
PRODUTIVIDADE DA SOJA SUBMETIDA A DIFERENTES FONTES DE MAGNÉSIO VIA FOLIAR	
Gabriel Henrique de Aguiar Lopes Lucas Ferreira Ramos André Luis Menezes Sales Vinicius Gabriel Valente Smerine Alexandre Daniel de Souza Júnior Rodrigo Merighi Bega	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>106</b>
RECOMENDAÇÃO DE IRRIGAÇÃO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO	
Fábio Santos Matos	
Camila Lariane Amaro	
Liana Verônica Rossato	
Diego Braga de Oliveira	
Lino Carlos Borges Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39319230912</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>115</b>
SÉRIES TEMPORAIS DE NDVI E SAVI EM ÁREA DE CULTIVO CONVENCIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Thayná Loritz Lopes Ferreira de Araujo e Silva	
Gustavo Henrique Mendes Brito	
Mylene Marques Dorneles	
Maurício Oliveira Barros	
Ivandro José De Freitas Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39319230913</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>123</b>
SILICATO DE CALCIO COMO AMENIZADOR DE ESTRESSE SALINO EM PLANTAS DE PIMENTÃO	
Raíra Andrade Pelvine	
Douglas José Marques	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39319230914</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>134</b>
USO DE PESTICIDAS NA AGRICULTURA: IMPACTOS E CAMINHO A SEGUIR	
Taliane Maria da Silva Teófilo	
Tatiane Severo Silva	
Tiago da Silva Teófilo	
Maria Vivianne Freitas Gomes de Miranda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39319230915</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>140</b>
UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOAMENTE PILOTADA PARA MAPEAMENTO DE USO DE SOLO EM UMA ÁREA DE CAFEEIROS	
Luana Mendes Dos Santos	
Gabriel Araújo e Silva Ferraz	
Brenon Diennevan Souza Barbosa	
Letícia Aparecida Gonçalves Xavier	
Sthéfany Airane Dos Santos	
Diogo Tubertini Maciel	
Lucas Santos Santana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.39319230916</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>145</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>146</b>



## RECOMENDAÇÃO DE IRRIGAÇÃO DE MUDAS DE PINHÃO MANSO

### **Fábio Santos Matos**

UEG-Ipameri, Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Produção Vegetal

### **Camila Lariane Amaro**

UEG-Ipameri, Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Produção Vegetal

### **Liana Verônica Rossato**

UEG-Ipameri, Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Produção Vegetal

### **Diego Braga de Oliveira**

UEG-Ipameri, Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Produção Vegetal

### **Lino Carlos Borges Filho**

UEG-Ipameri, Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Produção Vegetal

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo identificar com base na área foliar o adequado volume de água a ser fornecido às plantas de pinhão manso na fase de produção de mudas. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás. As sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos de cinco litros contendo substrato contendo mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos hídricos (290 ml, 310 ml, 454 ml, 475 ml, 490 ml e 510 ml) e seis repetições.

O suprimento hídrico inicial de 290 ml foi determinado por diferença de massa dos vasos sem as plantas e a irrigação com este volume ocorreu até as plantas possuírem dois pares de folhas expandidas. A partir daí a cada par de folhas totalmente expandidas acrescidos a planta, os vasos eram novamente pesados e o volume de água a ser fornecido determinado pela diferença de massa dos vasos. A exigência hídrica de mudas de pinhão manso é proporcional ao número de folhas de forma que para cada incremento nas folhas totalmente expandidas recomenda-se os seguintes volumes de água: 0 a 2 folhas as plantas devem ser irrigadas com volume de 290 ml de água, 2 a 4 folhas - 310 ml de água, 4 a 6 folhas - 454 ml, 6 a 8 folhas - 475 ml, 8 a 10 folhas - 490 ml e de 10 a 12 folhas 510 ml.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Jatropha curcas*, biocombustível, água

### RECOMMENDATION OF IRRIGATION OF *JATROPHA CURCAS* SEEDLINGS

**ABSTRACT:** The present study aimed to identify, based on the leaf area, the adequate volume of water to be supplied to the *Jatropha curcas* plants in the seedlings production phase. The work was carried out in a greenhouse of the State University of Goiás. The seeds of *Jatropha* were sowed in 5-liter pots containing

soil, sand and manure mixture substrate in the proportion of 3: 1: 0.5, respectively. The experiment was conducted following a completely randomized design with six water treatments (290 ml, 310 ml, 454 ml, 475 ml, 490 ml and 510 ml) and six replicates. The initial water supply of 290 ml was determined by vessel mass difference without the plants and irrigation with this volume occurred until the plants had two pairs of expanded leaves. From there to each pair of fully expanded leaves added to the plant, the vessels were again weighed and the volume of water to be supplied determined by the difference in mass of the vessels. The water requirement of *Jatropha curcas* seedlings is proportional to the number of leaves so that for each increment in the fully expanded leaves the following volumes of water are recommended: 0 to 2 leaves the plants should be irrigated with a volume of 290 ml of water, 2 to 4 leaves - 310 ml water, 4 to 6 leaves - 454 ml, 6 to 8 leaves - 475 ml, 8 to 10 leaves - 490 ml and from 10 to 12 sheets 510 ml.

**KEYWORDS:** *Jatropha curcas*, biofuel, water

## 1 | INTRODUÇÃO

O aquecimento global, derretimento de geleiras e frequência de eventos extremos como secas e inundações tem incrementado a preocupação com uso antrópico de combustíveis fósseis e aumentado a busca de alternativas energéticas renováveis, tipo biodiesel oriundo de óleo vegetal. As pesquisas desenvolvidas e a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) incrementou a produção e utilização de biocombustíveis através da inserção de diferentes espécies oleaginosas à matriz energética brasileira, com misturas de 8% de biodiesel produzido ao petrodiesel (B8) em 2017 e 10% (B10) para o ano de 2018 (ANP, 2018; ABIOVE, 2018). Entre as culturas com potencial para a produção de biodiesel destaca-se *Jatropha curcas* L pelo teor de óleo extraído das sementes (22 a 44%) com potencial energético semelhante ao petrodiesel (MATOS et al., 2018).

O CO<sub>2</sub> oriundo da queima de combustíveis fósseis responde por 2/3 dos gases que intensificam o efeito estufa (IPCC, 2018). O uso de combustível renovável menos poluente oriundo de espécies vegetais como *Jatropha curcas* representa importante opção energética. *Jatropha curcas* L. conhecida popularmente como pinhão manso é uma planta perene de grande valor econômico pelo elevado teor de óleo nas sementes (CHAVES et al., 2013; MATOS et al., 2014). Trata-se de uma espécie de múltiplas utilidades, pois além de matéria prima para produção de biodiesel, o látex extraído do caule possui importância farmacológica com ação antimicrobiana, anticancerígena e anti-inflamatória (MATOS et al., 2018). O pinhão manso é apontado como excelente opção agrícola para diversas regiões brasileiras pela rusticidade e adaptação a condições extremas como solos de baixa fertilidade, pedregosos, salinos e/ou com restrição hídrica (OLIVEIRA et al., 2013; CARVALHO et al., 2013; FERNANDES et al., 2013; MATOS et al., 2014). Apesar do elevado potencial, os

plantios comerciais de pinhão manso ainda ocorrem de forma tímida em função da reduzida disponibilidade de informações confiáveis que assegurem rentabilidade. A área plantada em 2008 era de 900.000 ha e este valor aumentou para 4,7 milhões de ha em 2010 (CONTRAN et al., 2013).

O pinhão manso é considerado uma espécie xerófita resistente a seca quando adulto. Apesar de apresentar tolerância ao déficit hídrico, a planta de pinhão manso em estágio de muda quando submetida a este estresse apresenta paralisação do crescimento. É presumível que o adequado desenvolvimento e produtividade sejam obtidos com o apropriado fornecimento de água, principalmente na fase de produção de mudas para obtenção de plantas vigorosas. Segundo Matos et al. (2011) por se tratar de um arbusto de crescimento rápido que inicia a produção no 7º mês de plantio, o êxito esperado do pinhão manso depende da qualidade de mudas utilizadas, pois o uso de plantas sadias e bem desenvolvidas facilita a adaptação e estabelecimento em campo.

O sistema de produção de mudas não se encontra estabelecido e sequer a exigência hídrica diária apresenta elucidação científica. O presente estudo teve como objetivo identificar com base na área foliar o adequado volume de água a ser fornecido às plantas de pinhão manso na fase de produção de mudas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri (Lat. 17°43'19"S, Long. 48°09'35"W, Alt. 773m), Ipameri, Goiás. Esta região possui clima tropical úmido (AW) de acordo com a classificação de Köppen, com verão chuvoso e inverno seco. As sementes de pinhão manso foram semeadas em vasos de cinco litros contendo substrato contendo mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado com seis volumes de água fornecidos (290ml, 310 ml, 454 ml, 475 ml, 490 ml e 510 ml) e seis repetições. O suprimento hídrico inicial de 290 ml foi determinado por diferença de massa dos vasos sem as plantas e a irrigação com este volume ocorreu até as plantas possuírem dois pares de folhas expandidas. A partir daí a cada par de folhas totalmente expandidas acrescentados a planta, os vasos eram novamente pesados e o volume de água a ser fornecido determinado pela diferença de massa dos vasos de forma que de 0 a 2 folhas as plantas receberam 290 ml de água, 2 a 4 folhas - 310 ml de água, 4 a 6 folhas - 454 ml, 6 a 8 folhas - 475 ml, 8 a 10 folhas - 490 ml e de 10 a 12 folhas 510 ml. As análises realizadas foram altura de planta, diâmetro do caule, área foliar,

biomassa total, teor relativo de água, transpiração e taxa de crescimento relativo.

## 2.1 Variáveis Morfofisiológicas

A altura de planta e diâmetro do caule foram mensurados utilizando régua graduada e paquímetro digital. A área foliar foi obtida a partir das mensurações da largura e comprimento de todas as folhas seguindo recomendações de Severino et al. (2007). As análises destrutivas foram realizadas quando raízes, caule e folhas foram separados e colocados em estufa à 72° C para secagem e atingirem massa seca constante, em seguida pesados e calculado a biomassa total. A taxa de crescimento relativo foi obtida segundo recomendações de Fagan, (2008).

## 2.2 Transpiração e Teor Relativo de Água

A transpiração diária total da planta foi estimada por gravimetria, mediante diferença da massa dos vasos. Inicialmente cada vaso foi inserido dentro de um saco plástico fixado com borracha no caule da planta, ficando apenas a parte aérea (folhas e caule) externa ao saco, em seguida, o conjunto vaso com planta e saco plástico foram pesados às 12:00 h (massa 01) e 24 horas depois novamente pesados (massa 02). A transpiração total foi estimada pela diferença entre a massa 01 e massa 02 (DOS ANJOS et al., 2017).

O teor relativo de água nas folhas foi obtido com a retirada de dez discos foliares de 7 mm de diâmetro cada, que foram pesados e saturados em placas de Petri com água destilada por quatro horas. Em seguida, foram pesados e colocados para secar à temperatura de 70°C por 72 horas. Após a obtenção dos dados de massa seca o TRA foi obtido utilizando a seguinte equação:

$$TRA = \frac{MF - MS}{MT - MS} \times 100$$

Onde: MF = massa fresca, MS = massa seca e MT = massa túrgida

## 2.3 Procedimentos Estatísticos

As variáveis foram submetidas à análise de variância segundo o delineamento inteiramente casualizado com seis volumes de água fornecidos e seis. As médias foram comparadas empregando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Adicionalmente, realizou-se a análise de regressão linear e quadrática, com seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>). As análises estatísticas e a construção dos gráficos de regressão foram conduzidas utilizando os softwares SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011) e SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância mostra que os diferentes volumes de água fornecidos às mudas de pinhão manso proporcionaram efeitos significativos a 1% de probabilidade para as variáveis analisadas: altura de planta (ALT), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e biomassa total (BIO) são mostrados nas Tabelas 1. Os resultados indicam que o número de folhas é importante indicativo da necessidade hídrica das plantas de pinhão manso.

Fontes de Variação	Quadrados Médios				
	GL	ALT (cm)	DC (mm)	AF (m <sup>2</sup> )	BIO (g)
Vol. (ml)	5	223,79**	252,51**	1,30**	655,00**
Resíduo	30	5,67	1,24	0,04	8,45
CV (%)	35	8,05	5,60	30,88	15,13

Tabela 1. Análise de variância e teste de médias para mudas de pinhão manso sob diferentes volumes de água.

\*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Na figura 1 é possível verificar que as variáveis de crescimento: altura de planta, diâmetro do caule, área foliar e biomassa total apresentaram incremento significativo e linear em função da disponibilidade de água no solo. No estágio inicial de crescimento as plantas de pinhão manso apresentam baixa exigência hídrica, no entanto, a partir do 4º par de folha totalmente expandido o volume de água necessário para custear o desenvolvimento vegetal é incrementado significativamente. Segundo Matos et al. (2014) as plantas de pinhão manso utilizam o caule suculento como importante armazenamento de água e as mudas apresentam transpiração foliar superior a 200 ml de água por dia. Os dados do presente trabalho indicam que logo no estágio inicial de desenvolvimento as plantas de pinhão manso apresentam exigência hídrica proporcional ao número de folhas para manter o elevado crescimento vegetativo.

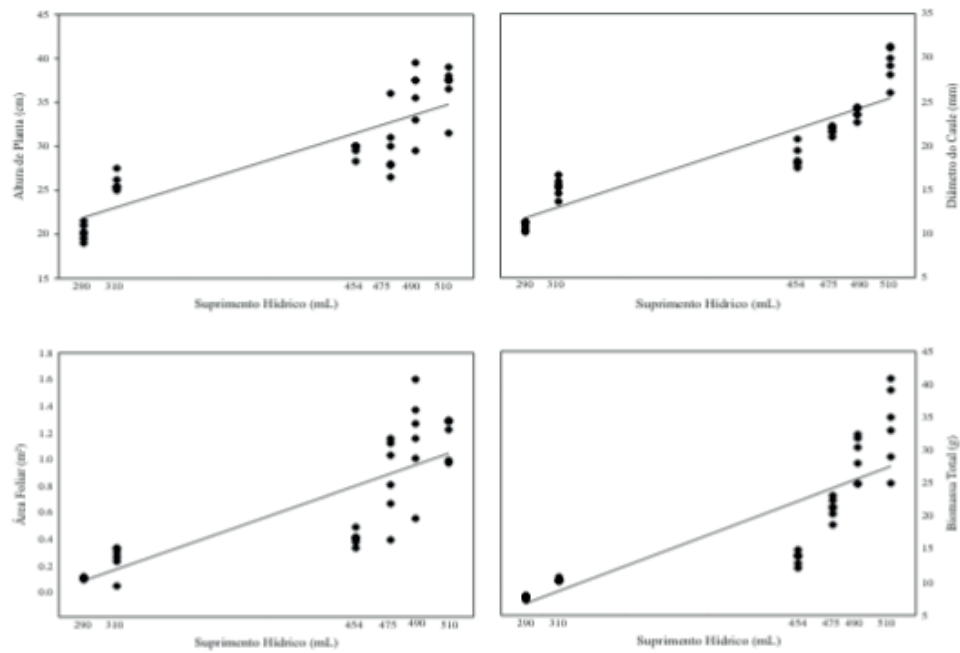


Figura 1. Equações de regressão para altura de planta ( $y = 4,9604 + 0,0585x$ ;  $R^2 = 0,73^{**}$ ), diâmetro do caule ( $y = -6,1667 + 0,0619x$ ;  $R^2 = 0,81^{**}$ ), área foliar ( $y = -1,1673 + 0,004x$ ;  $R^2 = 0,67^{**}$ ) e biomassa total ( $y = -20,6049 + 0,0945x$ ;  $R^2 = 0,70^{**}$ ) de mudas de pinhão manso sob diferentes volumes de água.

Os resultados para análise de variância mostram que os diferentes volumes de água fornecidos às mudas de pinhão manso proporcionaram efeito significativo a 1% de probabilidade para as variáveis analisadas: teor relativo de água (TRA), transpiração (E) e taxa de crescimento relativo (TCR) são mostrados na Tabela 2.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TRA (%)	E ( $\text{g H}_2\text{O dia}^{-1}$ )	TCR (%)
Vol. (ml)	5	1697,93 <sup>**</sup>	51313,33 <sup>**</sup>	2,98 <sup>**</sup>
Resíduo	30	4,59	1054,44	0,00
CV (%)	35	3,32	18,21	3,04

Tabela 2. Análise de variância e teste de médias para mudas de pinhão manso sob diferentes volumes de água.

\*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade.

O teor relativo de água não apresentou ajuste a nenhum modelo de regressão com sentido biológico. A transpiração foliar e taxa de crescimento relativo apresentaram curva crescente em função do volume de água fornecido (Figura 2). A elevada taxa transpiratória a partir do 4º par de folha é indicativo de que o incremento na taxa de crescimento relativo de mudas de pinhão manso ocorre às custas de maior abertura estomática para assimilação de CO<sub>2</sub> no processo fotossintético. Em adição, salienta-se que a área foliar é importante indicativo da área transpirante e no

presente trabalho o maior número de folhas esteve relacionado a maiores valores de área foliar e transpiração. Os resultados corroboram aos encontrados por Dos Anjos et al. (2017) ao trabalharem com plantas de pinhão manso sob déficit hídrico e afirmarem que a transpiração do pinhão manso é diretamente proporcional ao número de folhas e área foliar e a biomassa de mudas da mesma espécie é dependente do volume de água fornecido.

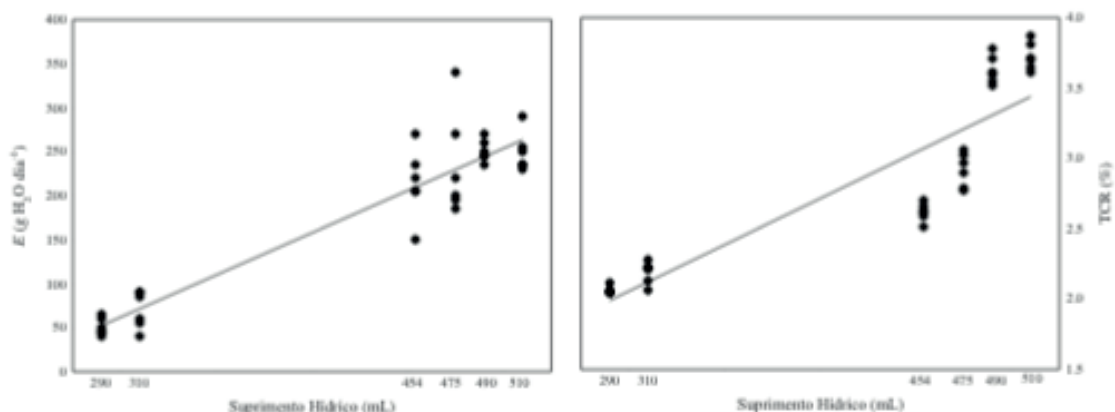


Figura 2. Equações de regressão para transpiração ( $y = -225,9037 + 0,9590x$ ;  $R^2 = 0,88^{**}$ ) e taxa relativa de crescimento ( $y = 0,0811 + 0,0066x$ ;  $R^2 = 0,80^*$ ) de mudas de pinhão manso sob diferentes volumes de água.

A análise de regressão múltipla de todas as variáveis sobre o acúmulo de biomassa encontra-se na Tabela 3. O modelo de regressão múltipla apresentado explica 96% da variação da biomassa de plantas de pinhão manso no presente trabalho. É possível verificar a importância da altura e diâmetro do caule no acúmulo de biomassa, no entanto, apesar de não apresentar ajuste significativo de regressão, nota-se que para o crescimento ocorrer e ser suportado é necessária manutenção da hidratação manifestada no elevado teor relativo de água.

Biomassa	Explicação do modelo	F	P			
	$R^2 = 0,96$	$F(6,29) = 148,8$	$p < 0,000$	Beta	Erro Padrão	Valor de p
Parâmetros						
ALT	-0,23	0,07	-0,51	4,35	-4,93	0,000*
DC	0,79	0,10	1,75	0,17	-3,04	0,004*
TRA	0,26	0,11	0,22	0,09	2,28	0,030*

Tabela 3. Modelo de regressão múltipla para mudas de pinhão-manso sob diferentes volumes de água.

\*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F. \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F. ALT: altura; DC: Diâmetro do Caule; TRA: Teor Relativo de Água.

## 4 | CONCLUSÕES

A exigência hídrica de mudas de pinhão manso é proporcional ao número de folhas de forma que para cada incremento nas folhas totalmente expandidas recomenda-se os seguintes volumes de água:

Nº folhas	Volume de água
0 a 2	290 ml
2 a 4	310 ml
4 a 6	454 ml
6 a 8	475 ml
8 a 10	490 ml
10 a 12	510 ml

Tabela 4. Recomendação de suprimento hídrico de plantas de pinhão manso.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÓLEO, GAS E BIODIESEL (ANP). **Biodiesel**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?pg=74914&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1427992602019>>.

Acesso em: 20 fev. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Governo estuda elevar percentual de biodiesel no diesel**. Disponível em:

<[http://abiove.org.br/site/\\_FILES/Portugues/21062016-120432-21\\_06\\_20](http://abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/21062016-120432-21_06_2016_jornal_floripa.pdf)

>. Acesso em: 20 fev. 2018.

CARVALHO, C. M.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; LIMA-JÚNIOR, L. A. L.; VALNIR JÚNIOR, M. Pinhão-manso: Crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n. 5, 487–496, 2013.

CHAVES, M.C. C.; Gomes, C. F. S. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. **Produção**, v.24, n. 3, 495-507, 2013.

CONTRAN, N.; CHESSA, L.; LUBINO, M.; BELLAVITE, D.; ROGGERO, P.P.; ENNE, G. State of the art of the *Jatropha curcas* productive chain, from sowing to biodiesel and by-products. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 202–215, 2013.

DOS ANJOS, R. A. R.; SANTOS, L. C. S.; OLIVEIRA, D. B.; AMARO, C. L.; RIOS, J. M.; ROCHA, G. T.; MELO, B. S.; MATOS, F. S. Initial growth of *Jatropha curcas* plants subjected to drought stress and silicon (Si) fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n. 04, p.479-484, 2017.



FAGAN, E.B. Análise de crescimento em plantas. **Trends in Plant Science**, v.13, n.8, p. 459-514, 2008.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L.H.G.; DANTAS, J.P.; SILVA, J.R.P. Fenologia e produção do pinhão-mansão cultivado com diferentes fontes de adubação. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n. 2, 339-346, 2013.

FERREIRA, D.F.; Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

MATOS, F.S.; CIAPPINA, A.L.; ROCHA, E.C.; ALMEIDA, L.M. 2017. Factors that influence in *Jatropha curcas* L. latex production. **Bragantia**, v.77,n.1, p.74-82, 2018.

MATOS, F. S.; GAMBOA, I.; RIBEIRO, R. P.; MAYER, M. L.; NEVES, T. G.; LEONARDO, B. R. L.; DE SOUZA, A. C. Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. **Revista Agrarian**, v.4, n.14, p.265-272, 2011.

MATOS, F.S.; TORRES JUNIOR, H. D.; ROSA, V. R.; SANTOS, P. G. F.; BORGES, L. F. O.; RIBEIRO, R. P.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L. Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra**, v. 26, p. 19-27, 2014.

OLIVEIRA, J.T.; CAMPOS, V.B.; CHAVES, L.H.; GUEDES FILHO, D.H. Silicon fertiization on growth of ornamental sunflower cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.2, 123-128. 2013.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). Disponível em:<<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M. Método para medição da área foliar do pinhão manso. **Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas**, v.14, n.1, p.73-77, 2007.

SYSTAT SOFTWARE, Inc. For windows, version 10.0. **SigmaPlot**, Chicago, Illinois, 2006.

## SÉRIES TEMPORAIS DE NDVI E SAVI EM ÁREA DE CULTIVO CONVENCIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR

### **Thayná Loritz Lopes Ferreira de Araujo e Silva**

Faculdade Evangélica de  
Goianésia – Curso de Agronomia  
Goianésia – Goiás

### **Gustavo Henrique Mendes Brito**

Faculdade Evangélica de  
Goianésia – Curso de Agronomia  
Goianésia – Goiás

### **Mylena Marques Dorneles**

Faculdade Evangélica de  
Goianésia – Curso de Agronomia  
Goianésia – Goiás

### **Maurício Oliveira Barros**

Faculdade Evangélica  
de Goianésia – Curso de Agronomia  
Goianésia – Goiás

### **Ivandro José De Freitas Rocha**

Faculdade Evangélica  
de Goianésia – Curso de Agronomia  
Goianésia – Goiás

**RESUMO:** Os índices de vegetação estão relacionados com parâmetros biofísicos da cobertura vegetal e possibilitam caracterizar fatores como índices de área foliar, biomassa, radiação fotossinteticamente ativa absorvida, produtividade, podendo também minimizar os efeitos da iluminação da cena e declividade na

superfície que influenciam na reflectância da vegetação. Deste modo, o objetivo com este trabalho foi monitorar uma área comercial de 182 ha da cultura de cana-de-açúcar em cultivo convencional, que está inserida no município de Vila Propício, Goiás. Foram utilizadas imagens Landsat 8 Sensor OLI na órbita 222-71 durante o período de crescimento e desenvolvimento da cultura. Estas imagens foram convertidas em reflectância e gerados índices de NDVI e SAVI a cada 16 dias a partir do transplântio da cultura realizado no mês de fevereiro, possibilitando o monitoramento da área de acordo com as fases de desenvolvimento fenológico. Foi apresentado valores médios de NDVI maiores que os valores médios de SAVI, até os 275 dias após o plantio; depois disso ambos apresentaram valores médios idênticos. Concluiu-se que o SAVI apresentou melhores resultados na fase de brotação, na fase de perfilhamento ocorreu um aumento nos índices NDVI e SAVI, e na fase de crescimento vegetativo houve redução para em ambos.

**PALAVRA-CHAVE:** sensoriamento remoto, monitoramento, *Saccharum officinarum*

## NDVI AND SAVI TIME SERIES IN CONVENTIONAL SUGARCANE CULTIVATION AREA

**ABSTRACT:** The vegetation indices are related to biophysical parameters of the vegetation cover and allow to characterize factors such as foliar area indexes, biomass, photosynthetically active radiation absorbed, productivity, and also to minimize the effects of scene illumination and surface slope that influence vegetation reflectance. The objective of this work was to monitor a commercial area of 182 ha of conventional sugarcane cultivation, which is located in Vila Propício municipality, Goiás. Landsat 8 Sensor OLI images were used in orbit 222- 71 during the period of growth and development the crop. These images were converted to reflectance and NDVI and SAVI indexes were generated every 16 days from the transplanting of the crop in the month on February, allowing the monitoring of the area according to the phenological development phases. Mean values of NDVI were higher than the mean values of SAVI, up to 275 days after planting; after that both presented identical mean values. It was concluded that the SAVI presented better results at budding stage, in the tillering phase there was an increase in the NDVI and SAVI rates, and in the vegetative growth phase there was a reduction for both.

**KEYWORDS:** Remote Sensing, monitoring, *Saccharum officinarum*

### 1 | INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes para o agronegócio brasileiro, ficando atrás somente de soja e milho em área plantada. O Brasil foi em 2018 o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, em 2016 a área plantada da cultura era de 10,5 milhões de hectares, correspondendo a 13,5% de toda área agrícola do país. (CONAB, 2018; IBGE, 2017).

A grande produção nacional de cana-de-açúcar demonstra o potencial produtivo da cultura e das agroindústrias sucroalcooleiras, com a alta produção de etanol e açúcar, além disso a geração de energia elétrica a partir dos resíduos da cana-de-açúcar contribui para redução de custos e uma produção mais eficiente e sustentável. Apesar de seu grande potencial a cana-de-açúcar é exigente em relação as condições do solo, pois sua boa produtividade depende de solos com boa fertilidade, profundos, argilosos, boa retenção hídrica e pH entre 6,0 e 6,5 (ZANZARINI et al., 2013; CONAB, 2018).

Por tais motivos tem-se adotado tecnologias avançadas com objetivo de manter elevados índices de produtividade, sendo o sensoriamento remoto uma das tecnologias utilizadas desde o monitoramento de áreas, comportamento da cultura durante o seu ciclo, balanço energético, estimativa de produtividade, entre outras aplicações (MACHADO et al., 2014; ANDRADE et al., 2014).

O sucesso da utilização do sensoriamento remoto em áreas canavieiras, bem como outras espécies vegetais se dá devido a interação da vegetação com a

energia proveniente do sol, em que parte desta energia é absorvida pela vegetação, parte é refletida ou transmitida, sendo a energia refletida captada pelos sensores e disponibilizadas como imagens que possibilitam detectar as diferenças relacionadas à densidade da cobertura vegetal, estimar a biomassa, monitorar o crescimento, estresse hídrico, vigor das plantas, e até mesmo avaliar o estágio fenológico (SILVA et al., 2012; BRANDÃO et al., 2008).

A interação das plantas com a radiação eletromagnética é dada principalmente pelas folhas, órgãos compostos por diferentes tecidos, estruturas e suas células compostas por água, solutos e organelas. Nas folhas estão presentes os pigmentos fotossintetizantes (clorofilas, xantofilas e carotenos), responsáveis pela absorção da radiação eletromagnética na região do espectro eletromagnético na faixa do visível ( $0,40\mu\text{m}$  a  $0,72\mu\text{m}$ ). A faixa do infravermelho é dividida em infravermelho próximo ( $0,72\mu\text{m}$  a  $1,1\mu\text{m}$ ) e infravermelho médio ( $1,1\mu\text{m}$  a  $2,5\mu\text{m}$ ), nessas faixas ocorre menor absorção da radiação eletromagnética e maior refletância na região do espectro (PONZONI et al., 2012).

Para explorar estas interações são utilizados os índices de vegetação que normalmente combinam dados das bandas espectrais nas faixas do visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Na faixa do visível os pigmentos predominantes absorvem radiação na região do azul ( $0,445\mu\text{m}$ ) e do vermelho ( $0,645\mu\text{m}$ ), tendo baixa refletância, os pigmentos encontrados no cloroplasto absorvem e transformam esta energia radiante em calor ou compostos orgânicos produzidos a partir do processo de fotossíntese. Por outro lado, na faixa do infravermelho próximo ( $0,72\mu\text{m}$  –  $1,1\mu\text{m}$ ) a refletância é quase constante, na faixa do infravermelho médio ( $1,1\mu\text{m}$  –  $3,2\mu\text{m}$ ), sendo sensível ao teor de umidade presente nas folhas (PONZONI et al., 2012).

Entre os diversos índices de vegetação propostos destacam-se o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), proposto por ROUSE et al. (1973) e o Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), proposto por HUETE (1988). O NDVI é calculado pela diferença entre o vermelho (visível) e o infravermelho próximo dividido por sua soma, apresenta forte correlação com crescimento de culturas e varia de -1 a +1. O SAVI é uma adaptação do NDVI com o objetivo de minimizar os efeitos do solo no sinal da vegetação a partir da aplicação da constante L. (ZANZARINI et al., 2013; REGO et al., 2012; RAMOS et al., 2010; BIRTH; BENVENUTI, 2005; SILVA et al., 2015).

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em uma área de cultivo comercial de cana-de-açúcar da empresa Jalles Machado, no município de Vila Propício, Goiás. A fazenda está localizada entre as coordenadas geográficas de  $15^{\circ}18'29''$  S,  $48^{\circ}53'41''$  W, (Figura 1), possui 182,41 hectares cultivados com as variedades CTC9003 e

CTC15, altitude média de 640 m, com clima da região tropical úmido, invernos secos, verões chuvosos e temperatura variando em torno dos 20° C a 25°C.

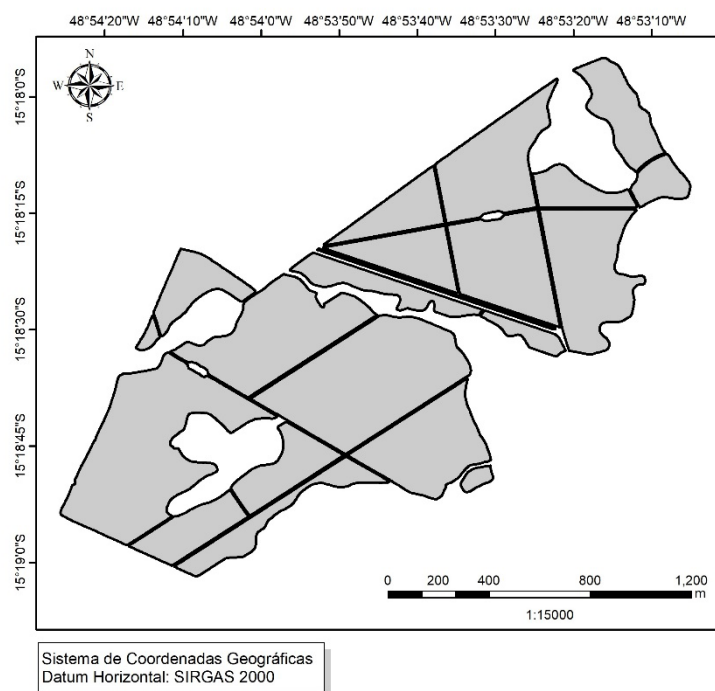


FIGURA 1. Área de cultivo de cana-de-açúcar

Para o monitoramento da área foram utilizadas imagens captadas pelo sensor OLI do satélite Landsat 8, órbita 222, ponto 71, sendo adotada a primeira imagem disponível após o período de transplântio da cultura (02/02/2016 a 09/02/2016). Todas as imagens obtidas passaram por um refinamento para definir quais cenas foram utilizadas em função da visibilidade (atmosfera livre de presença de nuvens), qualidade do imageamento do sensor (sem ruídos) e homogeneidade do período de captura da cena. Em cada cena previamente selecionada realizou-se transformação dos números digitais (ND) das bandas do vermelho (banda 4) e infravermelho próximo (banda 5) em reflectância de acordo com a metodologia de calibração radiométrica do satélite Landsat 8 e disponível no seu guia.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e o índice de vegetação ajustado para o solo (SAVI) foram realizados de acordo com as metodologias propostas por Rouse et al., (1973) e por Huete (1988). Para descrição e análise dos índices de vegetação foram construídas séries temporais utilizando imagens coletadas entre os meses de fevereiro e dezembro do ano de 2016 que compreendem as fases de desenvolvimento da cana conforme estabelecido por Gascho e Shih (1983). Este procedimento permitiu a extração dos valores máximo, mínimo e médio dos índices NDVI e SAVI. A análise entre os diferentes índices de vegetação foi realizada separando os pontos em que a cultura da cana apresentou padrões semelhantes, principalmente, quanto à época do transplântio, o desenvolvimento e a época da

colheita.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI foram construídos até a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura, e permitiu identificar em linhas gerais que o NDVI sempre apresentou valores médios maiores que os SAVI até em torno de 275 DAP (dias após o plantio) (Figura 2). Borato e Gomide (2013) também encontraram comportamento semelhante na comparação entre NDVI e SAVI quando caracterizaram a cobertura vegetal ao norte de Minas gerais. Ribeiro et al. (2015) analisaram o perfil temporal das variações de parâmetros biofísicos da cana-de-açúcar no município de Jaíba-MG e identificaram valores médios de NDVI superiores aos valores médios do SAVI.

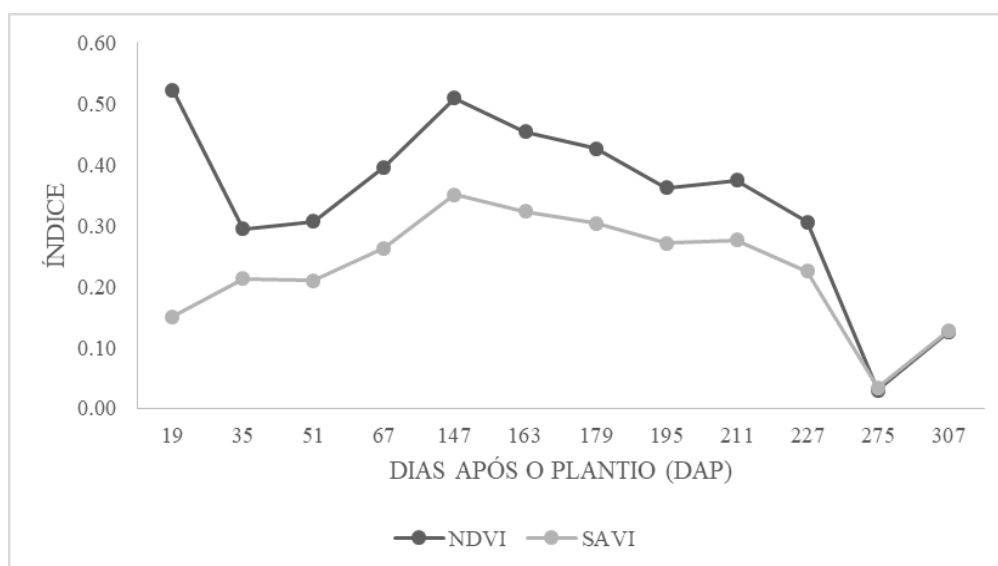


FIGURA 2. Perfil temporal dos índices de vegetação SAVI e NDVI na cultura de cana-de-açúcar

As maiores variações entre os índices de vegetação NDVI e SAVI foram observadas na transição da fase de perfilhamento para a fase de desenvolvimento dos colmos aos 147 DAP. Segundo Ribeiro et al. (2015), Simões et al. (2009), Frasson, et al. (2007) as maiores variações dos valores médios de NDVI e SAVI ocorrem nas fases de desenvolvimento vegetativo e maturação, o comportamento espectral da cultura acompanha a evolução temporal de variáveis agronômicas, fato que demonstra a potencialidade do sensoriamento remoto na detecção de dados para monitorar as condições de produção de culturas agrícolas.

Durante a fase de brotação (0 a 30 DAP) só estava disponível uma imagem da área de estudo e o valor médio para o período de 19 DAP foi de 0,52 para o NDVI e 0,15 para o SAVI. Possivelmente esta diferença ocorreu devido a influência do solo exposto nas fases iniciais e destacados pelo SAVI. Segundo Gilabert et al., (2002)

e Eastman (2006) o SAVI minimiza os efeitos da reflectância do solo devido ao fator de ajuste da densidade da vegetação. Durante a fase de perfilhamento (40 – 120 DAP) o NDVI e SAVI apresentaram valores médios bem próximos, com 0,31 e 0,21, respectivamente. Além disso, foi observado que os valores dos índices cresceram durante toda a fase de perfilhamento. Os valores máximos dos índices foram apresentados na transição da fase de perfilhamento para o crescimento vegetativo em torno de 147 DAP. Frasson, et al. (2007) ao analisar a variabilidade temporal do NDVI em diferentes variedades de cana-de-açúcar observou que os valores de NDVI foram consideravelmente maiores no início do período vegetativo.

Durante o crescimento vegetativo (120 – 360 DAP) ambos índices decresceram até em torno de 275 DAP, e apresentando valores médios de 0,37 para o NDVI e 0,27 para o SAVI. Analisando perfis temporais NDVI em áreas de cana em São Paulo, Gonçalves et. al. (2013) também verificaram padrões semelhantes durante a fase de crescimento vegetativo utilizando o sensor AVHRR / NOAA e MODIS. Simões et al. (2009) observou em uma área de cana-de-açúcar comercial que durante a fase de crescimento vegetativo o índice de NDVI teve um aumento significativo, posteriormente, na fase de maturação teve uma estabilização do índice seguido de um decréscimo em virtude da maior presença de palha. Ramme et. al. (2010) analisaram perfis temporais NDVI MODIS em uma área de cana-soca de maturação tardia e também identificaram mudanças fenológicas na cultura da cana-de-açúcar por intermédio dos perfis temporais. A partir de 275 DAP os valores de NDVI e SAVI apresentaram crescimento e valores médios idênticos.

#### 4 | CONCLUSÃO

É possível caracterizar o comportamento e desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar utilizando imagens provenientes do monitoramento remoto e uso dos índices de vegetação NDVI e SAVI. Os índices de vegetação NDVI e SAVI apresentaram valores crescentes durante toda a fase de perfilhamento da cultura e diminuição dos índices a partir da fase inicial de maturação, quando a cultura apresenta um maior número de folhas secas.

#### REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G.; SOARES, V. P.; GLERIANI, J. M.; MENEZES, S. J. M. C. **Estimativa da produtividade da cana-de-açúcar utilizando o Sebal e imagens Landsat**. Revista brasileira de agrometeorologia, v.29, n.3, p. 433 - 442, 2014.

BENVENUTI, F.A. **Relação de índices espectrais de vegetação com a produtividade da cana-de-açúcar e atributos edáficos**. 2005. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade De Engenharia Agrícola, Faculdade Estadual De Campinas, Campinas.

BIRTH, G. S.; MCVEY, G. **Measuring the colour of growing turf with a reflectance spectrophotometer**. Agronomy Journal, v. 60, n. 6, p. 640-643, 1968.

- BORATTO, I. M. de; GOMIDE, R. L. **Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI E IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 - 18 abril 2013, INPE, 7345 - 7352.
- BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; FREIRE, E. C.; SILVA, B. B. **Agricultura de precisão para gerenciamento do algodão**. In: AZEVÊDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1309 p. cap. 20. v.2.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar**, v. 4 - Safra 2017/18, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-73, abril 2018.
- EASTMAN, J.R.; ANDES, I.; **Guide to GIS and Image Processing**. Clark Laboratory. Clark university. Worcester/MA. USA. 2006. 284p.
- FRASSON, F. R., MOLIN, J.P., POVH, F. P., SALVI, J. V.; **Comportamento temporal do NDVI Mensurado com sensor óptico ativo para diferentes variedades de cana-de-açúcar**. BioEng, Campinas, 1 (3): 237-244, set/dez., 2007.
- GASCHO, G. J.; SHIH, S. F.; **Sugarcane**. In: Teare, I. D.; Peet, M. M. (ed.). Crop-Waterrelations. New York: Wiley-Interscience, 1983. p.445-479.
- GILABERT, M. A; GONZÁLEZ-PIQUERAS; J; GARCÍA-HARO, F.J; MELIA, J. A; **Generalized soil-adjusted vegetation index**. Remote Sensing of Environment, v. 82. p. 303–310. 2002.
- GONÇALVES, R. R. do V.; ZULLO, Junior J.; MARQUEZINI, O.; AMARAL, B. do F.; SOUSA, E. P. M. de; ROMANI, L. A. S. **Análise da relação entre os perfis de NDVI obtidos dos sensores AVHRR/NOAA e MODIS nas áreas produtoras de cana-de-açúcar em São Paulo**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, 0640 – 0647.
- HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index (SAVI)**. Remote Sensing of Environment, v. 25, p. 295-309. 1988.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **A geografia da cana-de-açúcar – Dinâmica territorial da produção agropecuária**. Rio de Janeiro, 2017. 172p.
- MACHADO, C. C.; SILVA, B. B.; ALBUQUERQUE, M. B.; GALVÍNIO, J. D. **Estimativa do balanço de energia utilizando imagens TM– Landsat 5 e o algoritmo Sebal no litoral sul de Pernambuco**. Revista brasileira de agrometeorologia, v.29, n.1, p.55-67, 2014.
- MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M.; ANCEV, T.; BOUMA, J. **Future directions of precision agriculture**. Precision Agriculture, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2005.
- OLIVEIRA, T. C; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A. **Temporal variation of normalized difference vegetation index (NDVI) and calculation of the crop coefficient (Kc) from NDVI in areas cultivated with irrigated soybean**. Ciência Rural, v. 46, p. 1683-1688, 2016.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2012. 159 p.
- RAMME, F. L. P.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V. **Perfis temporais NDVI MODIS, na cana-soca, de maturação tardia**. Engenharia agrícola, v.30, n.3, p.408-494, 2010.
- RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.; JUNIOR, J.C.F.M.; CANDEIAS, A.L.B. **aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (ndvi) na avaliação de áreas degradadas e potenciais**



**para unidades de conservação.** In:III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Anais... Recife - PE,27-30 de julho de 2010 p. 001 – 006.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R. **Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB.** Revista Geonorte, v. 2, n. 4, p. 1217-1229, 2012.

RIBEIRO, R. B.; FILGUEIRAS, R.; RAMOS, M. C. A.; NASCIMENTO, C. R. **Análise temporal das variações de parâmetros biofísicos da cana-de-açúcar em Jaíba – MG.** Nativa, v.03, n.03, p.150-155, 2015.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar.** Botucatu: UNESP, 1995. 100p. (Apostila).

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In: EARTH RESOURCE TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings... v. 1, p.309-317, 1973.

SILVA, H. A.; PIMENTEL, R. M. M.; GALVÍNCIO, J. D. **Conceitos Básicos: princípios físicos em sensoriamento remoto.** In: GALVÍNCIO, J. D. Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2012, 13-19 p.

SILVA, M. V. R.; CHAVES, J. M.; VASONCELOS, R. N.; DUVERGER, S. G. **Aplicação do índice de vegetação ajustado ao solo – SAVI para a identificação de fragmentos de caatinga em cultivos de *Agave sisalana* perrine na região semiárida do Brasil.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 17, 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa: INPE,2015. p.5850-5857.

SIMÕES, M.S.; ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.C. **Orbital spectral variables, growth analysis and sugarcane yield.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 66, n. 4, p. 451-461, 2009.

ZANZARINI, F.V.; PISSARRA, T.C.T; BRANDÃO, F.J.C; TEIXEIRA, D. D. B; **Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.6, p.608-614, 2013.

## SILICATO DE CALCIO COMO AMENIZADOR DE ESTRESSE SALINO EM PLANTAS DE PIMENTÃO

### Raíra Andrade Pelvine

UNESP - Universidade Estadual Paulista  
Faculdade de Ciências Agrônomicas. Avenida  
Universitária, nº 3780 – CEP 18610-034, Altos do  
Paraíso, Fazenda Experimental  
Lageado, Botucatu, SP  
Email: raira\_andpelvine@hotmail.com

### Douglas José Marques

UNIFENAS – Universidade José do Rosário  
Vellano, Rodovia MG 179, Km 0, Trevo, bloco 22  
CEP 37132-440, Alfenas, MG

**RESUMO:** Como uma opção de amenizar os efeitos de estresse abióticos e bióticos, o silício apresenta várias funções específicas, considerado-o um elemento benéfico na nutrição de plantas, sua absorção traz inúmeros benefícios. Esses efeitos são atribuídos à alta acumulação de sílica nos tecidos da planta, melhorando sua absorção de água. O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das culturas que se destacam no segmento de produção no comércio brasileiro. Para o experimento, foi adotado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, duas fontes corretiva, silicato de cálcio (7,50 g vaso<sup>-1</sup>) e calcário (8,70 g vaso<sup>-1</sup>), 5 doses de cloreto de potássio (0; 125; 250; 375 e 500 mg kg<sup>-1</sup> solo), com 4 repetições. Variáveis analisadas: condutividade elétrica do solo, (EC) massa seca

folhas, número de frutos comerciais. Para EC, houve um aumento máximo na dose K<sub>2</sub>O de 375 mg kg<sup>-1</sup> de solo (0,64 mS dm<sup>-1</sup>). A massa seca das folhas, não houve diferença significativa em relação aos corretivos e as doses de K<sub>2</sub>O. Para a variável número de frutos comerciais, doses 125 e 250 mg kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, produziu maior quantidade de frutos por planta. Conclui-se então que o estresse mineral induzido pelo cloreto de potássio aumentou a condutividade elétrica do solo com doses de K<sub>2</sub>O. Para número de frutos comerciais, diferentes corretivos não apresentaram diferença significativa. Para produção, adose que proporcionou maior rendimento de frutos de pimentão foi de 125 mg kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para os corretivos o uso do calcário apresentou maior número de frutos comerciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Capsicum annuum* L., Solanaceae, estresse salino, silício, silicato de cálcio

CALCIUM SILICATE SALINE STRESS  
RELIEVER PEPPER PLANTS

**ABSTRACT:** As an option to soften the effects of abiotic and biotic stresses, silicon has several specific functions, considered a beneficial element in plant nutrition, its absorption brings innumerable benefits. These effects are attributed to the high accumulation of silica in

the tissues of the plant, improving its water absorption.

The pepper (*Capsicum annuum* L.) is one of the crops that stand out in the segment of production in the Brazilian trade. For the experiment, a randomized block design was used in a 2 x 5 factorial scheme, two corrective sources, calcium silicate (7.50 g pot<sup>-1</sup>) and limestone (8.70 g pot<sup>-1</sup>), 5 chloride doses of potassium (0, 125, 250, 375 and 500 mg kg<sup>-1</sup> soil), with 4 replicates. Variables analyzed: soil electrical conductivity, (EC) dry mass leaves, number of commercial fruits. For EC, there was a maximum increase in the K<sub>2</sub>O dose of 375 mg kg<sup>-1</sup> soil (0.64 mS dm<sup>-1</sup>). The dry mass of the leaves, there was no significant difference in relation to the correctives and the doses of K<sub>2</sub>O. For the variable number of commercial fruits, doses 125 and 250 mg kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, produced higher quantity of fruits per plant. It was concluded that the mineral stress induced by potassium chloride increased the electrical conductivity of the soil with doses of K<sub>2</sub>O. For number of commercial fruits, different correctives did not present significant difference. For production, the yield that provided the highest yield of chili fruits was 125 mg kg<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. For corrective agents, the use of limestone showed a higher number of commercial fruits.

**KEYWORDS:** *Capsicum annuum* L., Solanaceae, saline stress, silicon, calcium silicate

## INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* é originário da América, apresentando ampla distribuição de espécies selvagens na América Central e América do Sul. O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das Solanáceas, assim como o tomate. Como olerícola, os híbridos de pimentão são cultivados comercialmente como cultura anual, mas na natureza as formas silvestres apresentam-se como perenes. Sendo uma planta de origem tropical e sub-tropical, necessita de temperaturas moderadamente elevada durante seu ciclo, superiores às exigidas pelo tomateiro (FILGUEIRA, 2003).

Nos últimos anos, especialmente nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, tem-se observado aumento no cultivo de hortaliças sob ambiente protegido, cujas principais vantagens, em relação aos demais sistemas de produção a céu aberto, são: maior proteção contra as adversidades climáticas e possibilidade de produção na entressafra, aumento da produtividade e melhor qualidade dos produtos, além de maior eficiência nos uso de água e de fertilizantes (STANGHELLINI, 1993).

Segundo Villas Boas et al. (2001), no Estado de São Paulo, 70 a 80% dos cultivos protegidos são fertirrigados. Apesar da água utilizada na irrigação dos cultivos protegidos ser de boa qualidade, a adição de fertilizantes, quando se utiliza a técnica de fertirrigação, a torna salina, aumentando o risco de salinização do solo (BLANCO; FOLEGATTI, 1999). A acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas pode ser causada pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais no processo fisiológicos reduzindo o crescimento e desenvolvimento das plantas (DIAS, 2010). Na maioria dos casos, o aumento da salinidade em ambiente protegido da Região Sudeste do Brasil dá-se

em função do excesso de fertilizantes.

O principal uso do cloreto de potássio é como fertilizante na agricultura sendo a principal fonte de utilização o cloreto de potássio seguido do sulfato de potássio em menor escala. O potássio exerce, nas plantas, uma série de funções relacionadas com o armazenamento de energia. Entre as várias funções, citam-se melhor eficiência de uso da água, devido ao controle da abertura e fechamento dos estômatos (MALAVOLTA, 1996).

Como uma das alternativas de amenizar os efeitos de estresse abióticos e bióticos o silício apresenta várias funções específicas (FARIA, 2000), sendo considerado um elemento benéfico na nutrição de plantas, pois sua absorção traz inúmeros benefícios. Como estresse salino, toxicidade a metais, falta d'água, danos devido à radiação, balanço de nutrientes, altas temperaturas e geadas.

Esses efeitos benéficos são atribuídos à alta acumulação de sílica nos tecidos da planta (FENG, 2004). Entre os mecanismos desenvolvidos pelas plantas em situações de estresse se destaca a atividade de enzimas envolvidas no mecanismo de proteção das plantas ao estresse oxidativo, como a catalase, superóxido dismutase, peroxidases e glutatona.

A aplicação de silicatos de Ca e Mg diminui a acidez do solo (CARVALHO-PUPATTO et al., 2004; CAMARGO et al., 2007), devido à presença de agente neutralizante da acidez, como o  $\text{SiO}_3$  (ALCARDE, 1992), aumenta a disponibilidade de Ca, Mg (CARVALHO-PUPATTO et al., 2004) aumenta o teor de Si no solo (CARVALHO-PUPATTO et al., 2004; CAMARGO et al., 2007), refletindo em aumento da produtividade de culturas.

Cultivos intensivos, com aplicações pesadas de nitrogênio e potássio, necessitam de adubação complementar com silício. O papel do silício no manejo do solo será cada vez mais importante para uma maior produtividade e sustentabilidade, à medida que os agricultores tiverem acesso a fontes silicatadas (KORNDÖRFER et al., 1999). Indiretamente, o menor crescimento das plantas, devido à salinidade, também tem sido atribuído à redução na absorção de alguns dos principais nutrientes, estando a Ca e o K entre os mais bem documentados (RENGEL, 1992; LACERDA, 2000).

Processo semelhante ocorre no cultivo protegido, se medidas preventivas não forem tomadas, pois o uso intenso de adubação, a falta de chuvas para lixiviar o excesso de fertilizantes e a contínua evaporação da água do solo pode aumentar o teor de sais na solução do solo e prejudicar o rendimento das culturas. Nesse sentido é necessário traçar novas formas sustentáveis de minimizar a salinidade (DIAS et al., 2004).

De acordo com Malavolta et al. (1997), o cloro não entra na constituição de compostos orgânicos, sendo necessário para a fotólise da água, durante a fotossíntese e transporte eletrônico. Conforme Cruciani (1987), sob condições de estresse salino, as folhas de pimentão podem apresentar coloração verde azulada escura, maior espessura e serosidade, enquanto as raízes apresentam uma diminuição

do alongamento e suberização, o que afeta a absorção de água e nutrientes com consequente diminuição da produtividade.

Sendo assim objetivou-se com a pesquisa estudar alternativas para amenizar os efeitos da salinidade em cultivo protegido usando o silicato de cálcio na correção do solo para o cultivo de pimentão sobre variáveis agronômicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Olericultura e Experimentação da Universidade José do Rosário Vellano-UNIFENAS no período de fevereiro a outubro de 2014. Foi utilizada a cultura do pimentão “Cascadura IKEDA”. As plantas foram cultivadas em casa de vegetação Modelo Arco onde os vasos foram acondicionados. Cada vaso tinha capacidade para 11 dm<sup>3</sup>. As características químicas forma expressas na análise química do solo foi realizada no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade José do Rosário Vellano-UNIFENAS: pH<sub>(CaCl<sub>2</sub>)</sub> = 5,6, M.O = 0,7 dag kg<sup>-3</sup>, P<sub>Mchlich</sub> = 0,5 mg dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup> = 0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al = 1,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, K = 21 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca = 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg= 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, SB = 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, V = 31%, t = 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, T = 2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, duas fontes de corretivos (silicato de cálcio e calcário) e 4 doses de cloreto de potássio (0; 125; 250; 375 e 500 mg kg<sup>-1</sup>) com 4 repetições. Sendo aplicado a quantidade de 250 mg kg de solo de K<sub>2</sub>O adaptada para experimentos conduzidos em vasos (NOVAIS, et al., 1991).

Após o período de incubação, o solo foi tamisado em peneira de 5 mm sendo acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 11 dm<sup>3</sup> de solo. Os vasos apresentavam furos no fundo onde foi colocada uma camada de tela para permitir a drenagem do excesso de água caso ocorresse. Os tratamentos foram realizados com intervalos de 15 dias na seguinte ordem; plantio, primeira e segunda cobertura. A adubação para os macros e micronutriente seguiram a recomendação de (Novais et al., 1991) adaptada para experimentos em vasos.

## FORAM AVALIADOS DURANTE O EXPERIMENTO:

Durante o experimento, foram coletadas alíquotas de solução do solo aos 15, 30 e 90 dias após o plantio. O procedimento de determinação de condutividade elétrica de cada vaso se deu pelo método Extrator, retirou-se 11 cm<sup>3</sup> de solo e colocou em um “Erlenmeyer” de 100 mL, colocou-se 50 mL de água destilada e as amostras colocadas em mesa de agitação circular por 15 minutos. Após termino colocou-as sob repouso de 2 horas e assim sendo determinada a condutividade. A cada 10 amostras uma prova em branco foi determinada para que não ocorresse variação devido a grande repetição de amostras.

O número de folhas foi avaliado padronizando-se a contagem em folhas totalmente expandidas. A colheita dos frutos foi realizada em relação ao desenvolvimento, durante a colheita foi quantificado o número total de frutos e peso por planta.

Os resultados encontrados nas diferentes avaliações foram submetidos à análise de variância (ANAVA). Para avaliação das médias, foram aplicados os testes de Scott-Knout ou teste-t, de acordo com as teorias preconizadas por Steel, Torrie e Dickey (2006). Os desvios padrões foram calculados e aplicados os estimadores de regressão e de correlação (Pearson ou Spearman), usando o software SISVAR, (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Condutividade Elétrica do Solo

Para a condutividade elétrica (CE) coletada aos 15, 60 e 90 dias após o transplântio (DAT) em relação às doses de  $K_2O$  e fontes de corretivos (calcário e silício) observou-se interação significativa entre os fatores.

A Figura 1 apresenta a condutividade elétrica do solo em função de doses de  $K_2O$  em relação aos corretivos de solo (calcário e silício). Para a leitura da CE realizada aos 15 dias após o transplântio nota-se que independente dos corretivos (calcário e silício) aplicados no solo a CE elétrica aumentou em relação ao aumento das doses de  $K_2O$  ajustando o modelo de equação linear ( $R^2=88$  e  $R^2= 92$ ). Já para a CE quantificada aos 60 dias após o transplântio para o calcário houve ajuste quadrático ( $R^2= 0,76$ ) com aumento máximo da CE ( $0,64 \text{ mS dm}^{-1}$ ) para a dose de  $375 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo.

No entanto para o silício com o aumento do  $K_2O$  a CE resultou em aumento máximo  $0,80 \text{ mS dm}^{-1}$  para a dose de  $250 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo. Para a leitura da CE aos 90 dias após o transplântio independente da aplicação de calcário e silício a CE aumento com o aumento das doses de potássio. Estes resultados concordam com Marques et al. (2010) e Marques et al. (2011) a condutividade elétrica aumentou linearmente na medida em que se aumentaram as doses de  $K_2O$  independente da fonte utilizada entretanto, observou-se que os valores de condutividade elétrica foram significativa superiores com o uso das doses de  $K_2O$  (KCl) indicando maior aumento da salinidade do solo.

Essas interações, também, podem ocorrer entre os nutrientes na solução do solo, afetando a disponibilidade, quais sejam: antagonismo, inibição competitiva e inibição não competitiva, além de sinergismo, o que pode causar uma dinâmica diferenciada entre cátions nas folhas e raízes das plantas. Cuartero e Munoz (1999) observaram que a massa seca de haste, folhas e raízes de tomateiro é reduzida em condições de salinidade.

A grande concentração de íons no solo pode causar o desbalanço no potencial de água e o potencial iônico na interface solo-planta e promover toxicidade no vegetal, afetando o seu crescimento e a produção de fitomassa (HASEGAWA et al., 2000; ASCH; DINGKUHN; DORFFING, 2000), em consequência da redução da absorção de nutrientes minerais, como o potássio, cálcio e manganês (LUTTS BOUHARMONT; KINET, 1999). Índice salino por unidade de  $K_2O$  é a metade do índice do cloreto de potássio, o que o torna mais indicado para solos com tendência a salinização (NOGUEIRA et al., 2001). O potássio exerce, nas plantas, uma série de funções relacionadas com o armazenamento de energia.

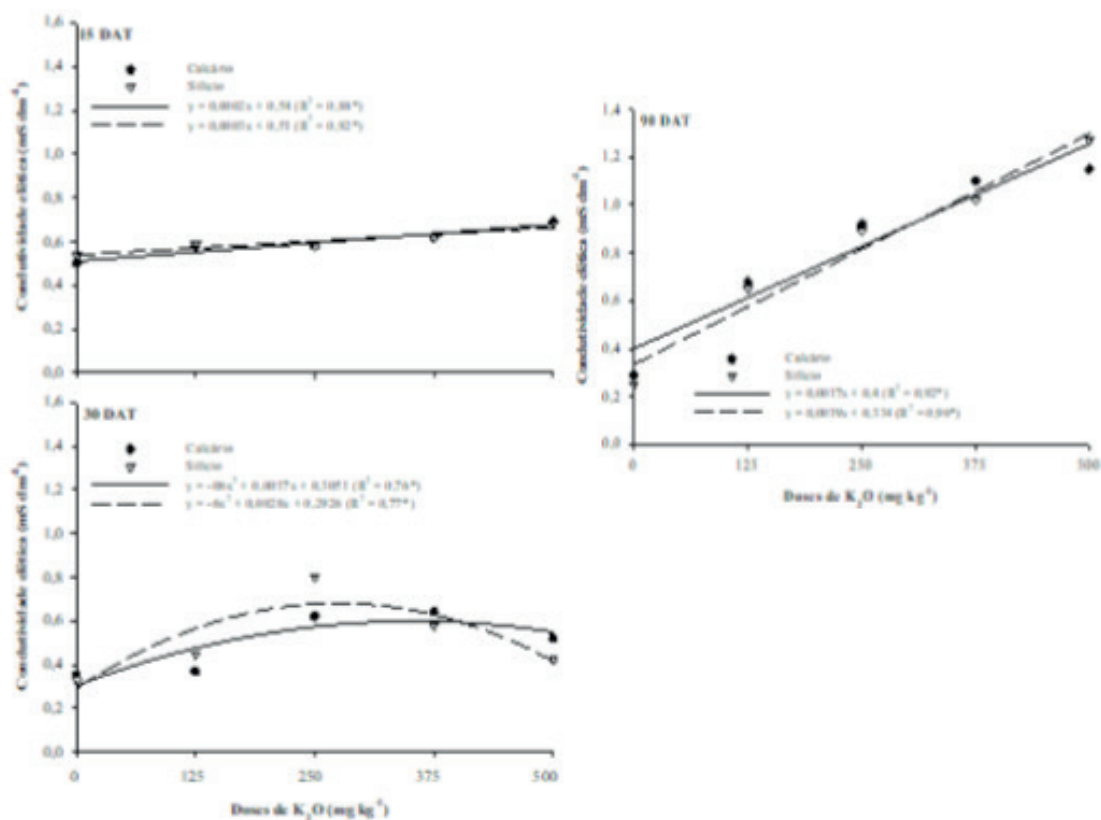


Figura 1. Condutividade elétrica do solo quantificada aos 30, 60 e 90 dias após o transplante em função de doses de  $K_2O$  em relação aos corretivos (calcário e silício).

Entre as várias funções, citam-se melhor eficiência de uso da água, devido ao controle da abertura e fechamento dos estômatos (MALAVOLTA, 1996). A morfologia do sistema radicular e os parâmetros cinéticos de absorção são os fatores relacionados com as plantas que determinam a absorção de  $K^+$  e, conseqüentemente, influenciam seu transporte na solução do solo em direção as raízes (ERNANI et al. 2007).

O aumento do potencial salino do solo é maior em cultivo protegido, sendo que com a fertirrigação evitam-se grandes flutuações na concentração de nutrientes na solução do solo. Este fator pode significar uma vantagem na produtividade, principalmente para o pimentão que é considerado uma cultura moderadamente sensível a salinidade  $1,5\ dS\ m^{-1}$  de CE (MASS; HOLFMAN, 1977).

## PRODUÇÃO DE PIMENTÃO

Para todas as características avaliadas frutos de pimentão descartados, frutos comerciais, peso dos frutos comerciais e peso dos frutos não comerciais e observou-se interação significativa entre os fatores (doses de  $K_2O$  e corretivos). A Tabela 7 apresenta a quantidade de frutos ( $\text{planta}^{-1}$ ) observa-se que para o calcário as doses 125 e 250  $\text{mg kg}^{-1} K_2O$  produziu uma maior quantidade de frutos, quando se compara com outras doses do mesmo tratamento. Já para o silício a dose de 250  $\text{mg kg}^{-1}$  apresentou produção superior quando se compara com as outras doses do mesmo tratamento. Para a interação (doses de  $K_2O$  vs fontes de calcário) a dose de 150  $\text{mg kg}^{-1} K_2O$  utilizando o calcário foi superior quando se compara com o silício na mesma dose.

No entanto para a quantidade de frutos descartados utilizando o calcário e silício nota-se a mesma tendência quando comparado com o número de frutos comerciais, onde as doses de 125 e 250  $\text{mg kg}^{-1} K_2O$  apresentaram o maior abortamento. O desequilíbrio nutricional, que ocasiona essa anomalia, é favorecido por fatores predisponentes comuns na cultura. Assim como houve uma concentração excessiva de sais, ocorreu uma deficiente absorção de cálcio, mesmo havendo um teor adequado no solo.

A elevação do teor de  $K^+$  no solo pode induzir desequilíbrio nutricional para as plantas (HAGIN; TUCKER, 1982). Essas interações também podem ocorrer entre os nutrientes na solução do solo, afetando a disponibilidade, quais sejam: antagonismo, inibição competitiva e inibição não competitiva, além de sinergismo (MALAVOLTA, 1987), o que pode causar uma dinâmica diferenciada entre cátions nas folhas e raízes das plantas.

Utilizando-se adubação pesada e desequilibrada, a competição iônica na absorção e utilização de nutrientes (FILGUEIRA, 2003).



Doses de K -----mg kg <sup>-1</sup> -----	Quantidade de Frutos Comerciais	
	Calcário	Silício
	-----quantidade planta <sup>-1</sup> -----	
0	3 Ab	2 Ab
125	5 Aa	3 Ba
250	4 Aa	4 Aa
375	3 Ab	2 Ab
500	2 Ba	2 Ab
Doses de K -----mg kg-----	Quantidade de Frutos Descartados	
	Calcário	Silício
	-----quantidade planta <sup>-1</sup> -----	
0	2 Ba	2 Bb
125	5 Aa	4 Aa
250	5 Aa	5 Aa
375	3 Ba	2 Ba
500	2 Ba	2 Ba

Tabela 7. Quantidade de frutos comerciais e descartados (planta<sup>-1</sup>) em função de doses de K<sub>2</sub>O em relação a fontes de corretivos (calcário e silício).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Para a produção de frutos descartados (Figura 2 A) houve ajuste quadrático ( $R^2 = 75$  e  $78$ ) para os corretivos (calcário e silício) onde houve aumento máximo até a dose de  $250 \text{ mg kg}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$  para o descarte dos frutos. Já para a produção de frutos comerciais (Figura 2 B) utilizando calcário houve produção máxima para a dose  $150 \text{ mg kg}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$  após houve queda na produção com o aumento das doses  $\text{K}_2\text{O}$ .

No entanto quando comparado com os diferentes corretivos para silício à produção de frutos foi menor quando comparado com o uso do calcário. Estes resultados podem estar relacionados ao poder de neutralização dos corretivos. As doses de calcário aumentaram o pH dos solos em função da sua capacidade tampão, alcançando valores próximos à neutralidade, exceto para os solos muito argilosos conforme esperado.

Essa elevação do pH com o uso do calcário é decorrente do aumento na concentração das hidroxilas, redução da concentração de  $\text{H}^+$  em solução e precipitação do alumínio na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (ALCARDE, 1992; PAVAN; OLIVEIRA, 1997).

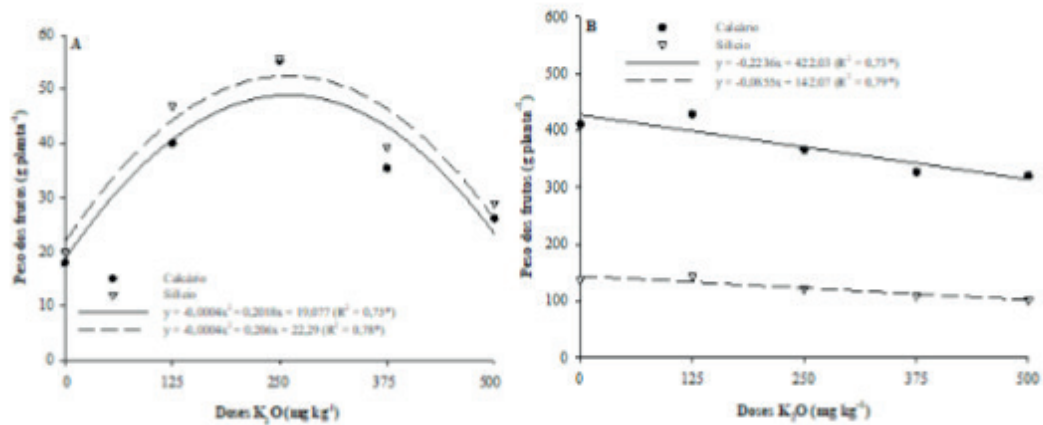


Figura 2. Peso dos frutos descartados (A) e frutos comerciais (B) em função de doses de K<sub>2</sub>O em relação aos corretivos (calcário e silício).

Quanto aos extratores, o cloreto de cálcio extraiu menos silício que a água, concordando com RAIJ e CAMARGO (1973); o ácido acético extraiu mais silício em todos os solos. A diferença entre a solubilidade desse elemento em soluções aquosas e na solução do solo é devida ao pH e à presença de argila e de óxidos de ferro e alumínio (JONES; HANDRECK, 1963). DALTO (2003), utilizando calcário sobre palhada de cana-de-açúcar, obteve mais alta concentração de Si extraído em ácido acético (0,5 mol L<sup>-1</sup>), comparada aos valores obtidos em água no latossolo após colheita de soja.

Esses dados concordam com outros artigos em que se constata a eficiência de soluções ácidas comparadas às soluções neutras (SUMIDA, 2002).

## CONCLUSÕES

Com base nas observações experimentais, concluiu-se que:

O estresse mineral induzido pelo cloreto de potássio aumentou a condutividade elétrica do solo com o incremento das doses de K<sub>2</sub>O.

Para a produção de pimentão a dose que proporcionou maior rendimento em de frutos de pimentão foi para a dose de 125 mg kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Não ficaram evidentes para as condições do experimento os efeitos amenizadores do silício no estresse salino em plantas de pimentão.

## REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo, **Associação Nacional para Difusão de Adubos**, 1992. (Boletim Técnico, 6).

ASCH, F.; DINGKUHN, M.; DORFFING, K. Salinity increases CO<sub>2</sub> assimilation but reduces growth in field grown irrigated rice. **Plant Soil**, v. 218, n. 1/2, p. 1-10, 2000.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V.; NOGUEIRA, M.C.S. Fertirrigação com água salina e seus efeitos na produção do pepino enxertado cultivado em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília.

v. 20, p. 442-446, 1999.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido silícico aplicados. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.637-647, 2007.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T. & CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesq. Agropec. Bras.**, 39:1213-1218, 2004.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1987. p. 337.

CUARTERO, J.; MUNOZ, R. F. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, n. 1-4, p. 83-125, 1999.

DALTO, G. **Manejo de silicato e calcário em soja cultivada sobre palhada de cana-de-açúcar**. 2003. 90 p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. **Fertilidade do solo: potássio**. Vicosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 551-594 p.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras, Viçosa, 2000.

FENG, M. J. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**. v. 50, n. 1, p. 11-18, 2004.

FERREIRA, D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. Solanáceas. 1a Ed., Lavras: **Editora UFLA**, 333 p., 2003.

HAGIN, J.; TUCKER, B. Fertilization of dryland and irrigated soils. **Advanced Series in Agricultural Sciences**, Berlin: Springer-Verlag, v.12, p.188-198, 1982.

HASEGAWA, P. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Molecular Biology**, v.51, n. 1, p. 463-499, 2000.

JONES, J. H.; HANDRECK, K. A. Effect of iron and aluminum oxides on silica in solution in soils. **Nature**, London, v.108, p.852-853, 1963.

KORNDÖRFER, G.H.; ARANTES, V.A.; CORRÊA, G.F. e SNYDER, G.H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:623-629, 1999.

LACERDA, C.F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino**. 2000. 163 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

LUTTS, S.; BOUHARMONT, J.; KINET, J. M. Physiological characterizations of salt-resistant rice (*Oryza sativa* L.) somaclone. **Australian Journal Botany**, Melbourne, v. 47, n. 6, p. 835-849, 1999.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop Salt Tolerance-Current Assessment. **Journal of the Irrigation and**

**Drainage Division**, 103, 115-134, 1977.

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba: Institutos da Potassa, p. 61, 1982.

MALAVOLTA, E. Potássio e uma realidade - o potássio é essencial para todas as plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: n.73, p.5-6, 1996.

MARQUES, D.J.; BROETTO, F.; SILVA, E.C. CARVALHO, J. G. Dinâmica de cátions na raiz e folhas de berinjela cultivada sobre doses crescentes de potássio oriundas de duas fontes. **IDESIA** (Chile), v. 29, n. 2, 2011.

MARQUES, D.J.; BROETTO, F.; SILVA, E.C. Efeito do estresse mineral induzido por fontes e doses de potássio na produção de raízes em plantas de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Caatinga**, Mossoró. v. 23, p. 7-12, 2010.

NOGUEIRA, F.D.; SILVA, E.B.E.; GUIMARÃES, P.T.G. **Adubação potássica do cafeeiro**: sulfato de potássio. Washington, DC: SOPIB. 2001. 81p.

NOVAIS, R. F. et al. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo: ensaio em ambiente controlado**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. 392 p.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L.de **Manejo da acidez do solo**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. 87 p. (Circular, 95)

RAIJ, B. VAN; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 32, p.223-231, 1973.

RENGEL, Z. Role of calcium in salt toxicity. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.15, n.6, p.625-632, 1992.

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions. **Acta Horticulturae, Wageningen**, v.335, p.295-304, 1993.

SUMIDA, H. Plant available silicon in paddy soils. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 2., 2002, Tsuruoka, Japão. **Anais...** Tsuruoka: Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 2002. p.43-49

VILLAS BOAS, R. L. **Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 2001. 123 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

## USO DE PESTICIDAS NA AGRICULTURA: IMPACTOS E CAMINHO A SEGUIR

### **Taliane Maria da Silva Teófilo**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Mossoró - RN

### **Tatiane Severo Silva**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.  
Mossoró - RN

### **Tiago da Silva Teófilo**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Departamento de Ciências da Saúde  
Mossoró – RN

### **Maria Vivianne Freitas Gomes de Miranda**

Serviço Nacional de Aprendizagem  
Rural – SENAR  
Natal - RN

**RESUMO:** A utilização de pesticidas na agricultura permitiu aumentar o rendimento, simplificar os sistemas de cultivo e abrir mão de estratégias mais complicadas de proteção de cultivos. No entanto, o uso excessivo de pesticidas tem causado a contaminação dos ecossistemas e efeitos indesejáveis à saúde. Nesse contexto, surgiu a necessidade de projetar sistemas de cultivo menos dependentes de pesticidas sintéticos. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é cada vez mais percebido como uma solução viável para esses problemas. O MIP emprega uma variedade de métodos de

controle de pragas, visando complementar, reduzir ou substituir a aplicação de pesticidas gerenciando um manejo sustentável de fazendas. O manejo adequado de pragas é uma atividade complexa dentro de cada cadeia produtiva da cultura e deve ocorrer de maneira planejada e em harmonia com o homem e o meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle; manejo; MIP; pragas; terras agrícolas.

**ABSTRACT:** The use of pesticides in agriculture has increased yields, simplified cropping systems and abandoned more complicated crop protection strategies. However, the overuse of pesticides has caused the contamination of ecosystems and undesirable effects on health. In this context, the need arose to design systems of cultivation less dependent on synthetic pesticides. Integrated Pest Management (IPM) is increasingly perceived as a viable solution to these problems. IPM employs a variety of pest control methods to complement, reduce or replace pesticide application by managing sustainable farm management. Proper pest management is a complex activity within each production chain of the crop and should occur in a planned manner and in harmony with man and the environment.

**KEYWORDS:** Control; management; IPM; pests; agricultural lands.

## INTRODUÇÃO

Após a segunda guerra mundial, na metade do século XX ocorreu uma grande transformação agrícola, denominada de “Revolução Verde”. Nesse período, a população humana mais do que duplicou e a produção agrícola global subiu de forma semelhante à medida que foi introduzido um conjunto de iniciativas tecnológicas através do uso intensivo de produtos químicos como fertilizantes e pesticidas (Liu et al., 2015), mecanização da produção, desenvolvimento de variedades de plantas com alto rendimento, bem como introdução de novas tecnologias de plantio, irrigação e colheita, aumentando a produção de alimentos no mundo (Tilman et al., 2011).

Os pesticidas utilizados para controle de pragas são considerados um componente vital da agricultura moderna, desempenhando um papel importante na manutenção da alta produtividade agrícola (Jallow et al., 2017). Entende-se por pragas “qualquer espécie, estirpe ou biótipo de planta, animal ou agente patogênico prejudicial a plantas ou produtos vegetais”, incluindo fungos, insetos, bactérias, vírus e plantas daninhas, conforme definido pela Convenção Internacional de Proteção de Plantas (IPPC, 2010).

A presença de pragas pode ser influenciada por diferentes fatores, sendo que a redução das populações de inimigos naturais, alterações na fisiologia das plantas, modificações de métodos de controle e reduções na população de espécies concorrentes, são tidos como os mais prováveis (Gross; Rosenheim, 2011). Espécies de patógenos, plantas daninhas e insetos causam perdas significativas em culturas de todo o mundo representando um entrave para a produção de alimentos. Estima-se que as perdas de produção podem representar o equivalente de alimentos que dariam para alimentar mais de 1 bilhão de pessoas (Birch et al., 2011).

Com o surgimento das pragas, houve um incremento no uso de pesticidas, por ser uma alternativa que permitiu um controle eficaz e relativamente barato. No entanto, o uso isolado do controle químico pode ser uma opção viável a curto prazo, mas a médio e longo prazo pode apresentar problemas devido ao surgimento de espécies resistentes (Busi et al., 2013). O uso excessivo do controle químico também levou a uma série de preocupações ambientais e agronômicas. A aplicação contínua de pesticidas, combinada com outras mudanças no manejo das terras agrícolas, está levando à redução de pragas não-afetadas, tendo impactos sobre a biodiversidade das terras agrícolas em função dos ecossistemas (Moonen; Bàrberi, 2008; Storkey et al., 2011).

Para minimizar os efeitos negativos oriundos do uso exagerado e, muitas vezes, indiscriminado de defensivos agrícolas, surgiu na década de 1960 o Manejo Integrado de Pragas (MIP). Esse método visa manter o equilíbrio no ecossistema através da adoção de técnicas economicamente viáveis, ecológica e socialmente sustentável, uma vez que esses sistemas requerem o uso de menos pesticidas,

proporcionando melhores rendimentos e têm menos impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde das pessoas (Hu et al., 2016, Luo et al., 2014, Xie et al., 2011, Zhang et al., 2016, Zheng et al., 2017).

## **MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS - MIP**

O MIP é a implantação de uma variedade de métodos de controle de pragas projetados para complementar, reduzir ou substituir a aplicação de pesticidas sintéticos. Esse método incorpora a gestão e integração de táticas simultâneas, o monitoramento regular de pragas e inimigos naturais, o uso de limiares para decisões, e abrange métodos de gerenciamento/ substituição de pesticidas para o redesenho do agroecossistema inteiro. A consequente redução no uso de pesticidas sintéticos melhora a sustentabilidade dentro e fora da propriedade, além de reduzir os custos para o agricultor.

O MIP consiste na utilização de mais de um método de controle, de forma compatível, e levando em consideração os fatores ecológicos. Vários métodos de controle podem ser utilizados para o manejo integrado de pragas: Culturais (uso de rotação de culturas, destruição de esconderijos, aração do solo, mudança da época de plantio, desbaste, poda, fertilização, limpeza, manejo de água, uso de plantas armadilhas, etc.); Mecânicos (catação manual, barreiras, armadilhas, esmagamento por máquinas, etc.); Físicos (calor, lança chamas, queimada, frio, umidade, luz, radiação, som, etc.); Genéticos (uso de cultivares resistentes e macho estéril); Legislativos (implantação de medidas quarentenárias e erradicação), Biológicos (uso de outros insetos benéficos, predadores, parasitóides, e microrganismos, como fungos, vírus e bactérias) e Químicos (uso de herbicidas, inseticidas, fungicidas e outros pesticidas).

O controle químico por sua vez, é justificável apenas quando as técnicas de manejo anteriores se mostrarem ineficazes para controlar o avanço da infestação de pragas na plantação. Nestas situações deve-se optar pelos produtos considerados menos agressivos, pois, a eliminação da praga alvo pode afetar a reprodução de outras espécies vegetais que dependem dela para a polinização. Além disso, resíduos dos químicos empregados podem contaminar a alimentação humana, bem como rios e outros corpos d'água.

A implantação de um programa de MIP deve iniciar com a identificação do problema, ou seja, é preciso reconhecer o agente causal de um determinado sintoma na planta. A primeira etapa deste processo é a identificação das pragas mais importantes (pragas-chave) em cada cultura. Através da identificação morfológica e taxonômica é possível adotar a melhor estratégia para o controle efetivo de cada alvo (Geier, 1966). Também, deve se atentar para o fato que outros fatores como fitotoxicidade ou desequilíbrios nutricionais podem dificultar o correto diagnóstico do problema (Pereira et al., 2012).

Conforme indicado no Roteiro MIP (2018), os objetivos do MIP são “prevenir níveis inaceitáveis de danos causados por pragas pelos meios mais econômicos, enquanto minimizam os riscos para as pessoas, propriedades, recursos e o meio ambiente, e reduzir a evolução da resistência de pragas a pesticidas e outras práticas de manejo de pragas. Assim, o objetivo de longo prazo do MIP na agricultura é medido considerando apenas a quantidade de uso de pesticidas. Como o risco dos pesticidas é uma função do risco (toxicidade do produto químico) vezes a probabilidade de exposição, a redução no total de quilos de pesticidas como substituto do risco reduzido não considera a toxicidade do pesticida, a especificidade do pesticida ou medidas de mitigação para reduzir a exposição (Farrar, 2016).

Os sistemas de MIP também podem fornecer uma variedade de bens e serviços ecossistêmicos além do controle de pragas, aumentando a resiliência geral nas escalas de produção e paisagismo. Assim, o MIP é um exemplo de intensificação sustentável, definido como “produzindo mais produtos na mesma área de terra, reduzindo os impactos ambientais negativos e, ao mesmo tempo, aumentando as contribuições para o capital natural e o fluxo de serviços ambientais” (Pretty et al., 2011, Pretty; Bharucha, 2015).

Avaliando os benefícios da implementação de práticas integradas de manejo de pragas, é possível indicar que os agricultores que adotam a MIP, obtêm maiores rendimentos da cultura e renda líquida, e também usam menores quantidades de inseticidas e causam menos danos ao meio ambiente e à saúde humana (Midingoyi, 2018).

Muitas das táticas que impulsionam o MIP operam em uma escala de vários anos dentro de um processo de coordenação entre múltiplos fatores. O MIP, se entendido como a aplicação dinâmica de princípios a situações locais, em vez de estratégias individuais de curto prazo, pode gerar a capacidade de se adaptar e atingir os níveis de resiliência necessários (Barzman, 2015).

Assim, é possível afirmar que o conhecimento do agente causador da praga (patógeno, inseto ou planta daninha) em um determinado sistema de cultivo, bem como o manejo adequado deve ser entendido como uma atividade complexa dentro de cada cadeia produtiva da cultura, que merece atenção especial e deve ocorrer de maneira planejada e em harmonia com o homem e o meio ambiente, para solidez de um bom programa de MIP.

## REFERÊNCIAS

BARZMAN, M., BÀRBERI, P., BIRCH, A.N.E. et al. Eight principles of integrated pest management. **Agronomy for sustainable development**, v. 35, n. 4, p. 1199-1215, 2015.

BUSI, R., VILA-AIUB, M.M., BECKIE, H.J., GAINES, T.A., GOGGIN, D.E., KAUNDUN, S.S., LACOSTE, M., NEVE, P., NISSEN, S.J., NORSWORTHY, J.K., RENTON, M., SHANER, D.L., TRANEL, P.J., WRIGHT, T., YU, Q., POWLES, S.B. Herbicide-resistant weeds: from research and knowledge to future needs. **Evolutionary applications**, v. 6, n. 8, p. 1218-1221, 2013.



- E. BIRCH, A. N.; BEGG, G. S.; SQUIRE, G. R. How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crop production systems. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 10, p. 3251-3261, 2011.
- EVENSON, R. E.; GOLLIN, D. Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. **science**, v. 300, n. 5620, p. 758-762, 2003.
- FARRAR, J. J.; BAUR, M. E.; ELLIOTT, S. F. Measuring IPM Impacts in California and Arizona. **Journal of integrated pest management**, v. 7, n. 1, 2016.
- GEIER, P. W. Management of insect pests. **Annual Review of Entomology**, v. 11, n. 1, p. 471-490, 1966.
- GROSS, K., ROSENHEIM, J. A. Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. **Ecological Applications**. 21, 2770-2780, 2011.
- HU, L.L., ZHANG, J., REN, W.Z., GUO, L., CHENG, Y.X., LI, J.Y., LI, K.X., ZHU, Z.W., ZHANG, J.E., LUO, S.M., CHENG, L., TANG, J.J., CHEN, X. Can the co-cultivation of rice and fish help sustain rice production?. *Scientific reports*, v. 6, p. 28728, 2016.
- International Plant Protection Convention. **International Standards for Phytosanitary Measures**. No. 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2010.
- JALLOW, M. F., AWADH, D. G., ALBAHO, M. S., DEVI, V. Y., & THOMAS, B. M. Pesticide risk behaviors and factors influencing pesticide use among farmers in Kuwait. **Science of the total environment**, v. 574, p. 490-498, 2017.
- LIU, Y., PAN, X., LI, J. A 1961–2010 record of fertilizer use, pesticide application and cereal yields: a review. **Agronomy for sustainable development**, v. 35, n. 1, p. 83-93, 2015.
- LUO, Y., FU, H., TRAORE, S. Biodiversity conservation in rice paddies in China: toward ecological sustainability. **Sustainability**, v. 6, n. 9, p. 6107-6124, 2014.
- MIDINGOYI, S. K. G., KASSIE, M., MURIITHI, B., DIIRO, G., EKESI, S. Do Farmers and the Environment Benefit from Adopting Integrated Pest Management Practices? Evidence from Kenya. **Journal of Agricultural Economics**, 2018.
- MOONEN, A. C., & BARBERI, P. Functional biodiversity: an agroecosystem approach. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 127, n. 1-2, p. 7-21, 2008.
- PEREIRA, R. B., PINHEIRO, J. B., GUIMARÃES, J. A., REIS, A. Doenças e pragas do jiloeiro. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2012.
- PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. **Insects**, v. 6, n. 1, p. 152-182, 2015.
- PRETTY, J.; TOULMIN, C.; WILLIAMS, S. Sustainable intensification in African agriculture. **International journal of agricultural sustainability**, v. 9, n. 1, p. 5-24, 2011.
- Road map IPM (2018). A national road map for integrated pest management, p. 17. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/OPMP/IPM%20Road%20Map%20FINAL.pdf>, accessed February 19, 2019.
- STORKEY, J., MEYER, S., STILL, K. S., & LEUSCHNER, C. The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1732, p. 1421-1429, 2011.

- TILMAN, D., BALZER, C., HILL, J., & BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.
- TILMAN, D., CASSMAN, K. G., MATSON, P. A., NAYLOR, R., & POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 671, 2002.
- XIE, J., HU, L., TANG, J., WU, X., LI, N., YUAN, Y., YANG, H., ZHANG, J., LUO, S., CHEN, X. Ecological mechanisms underlying the sustainability of the agricultural heritage rice–fish coculture system. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. E1381-E1387, 2011.
- ZHANG, J., HU, L., REN, W., GUO, L., TANG, J., SHU, M., & CHEN, X. Rice-soft shell turtle coculture effects on yield and its environment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 224, p. 116-122, 2016.
- ZHENG, H., HUANG, H., CHEN, C., FU, Z., XU, H., TAN, S., SHE, W., LIAO, X., TANG, J. Traditional symbiotic farming technology in China promotes the sustainability of a flooded rice production system. **Sustainability Science**, v. 12, n. 1, p. 155-161, 2017.

## UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOAMENTE PILOTADA PARA MAPEAMENTO DE USO DE SOLO EM UMA ÁREA DE CAFEEIROS

### **Luana Mendes Dos Santos**

Universidade Federal de Lavras  
Departamento de Engenharia  
Lavras-MG

### **Gabriel Araújo e Silva Ferraz**

Universidade Federal de Lavras  
Departamento de Engenharia  
Lavras-MG

### **Brenon Diennevan Souza Barbosa**

Universidade Federal de Lavras  
Departamento de Engenharia  
Lavras-MG

### **Letícia Aparecida Gonçalves Xavier**

Universidade Federal de Lavras  
Departamento de Engenharia  
Lavras-MG

### **Sthéfany Airane Dos Santos**

Universidade Federal de Lavra  
Departamento de Engenharia  
Lavras-MG

### **Diogo Tubertini Maciel**

Universidade Federal de Lavras  
Departamento de Engenharia  
Lavras-MG

### **Lucas Santos Santana**

Universidade Federal de Lavras  
Departamento de Engenharia  
Lavras-MG

**RESUMO:** A Agricultura de Precisão consiste em técnicas para lidar com a variabilidade espacial. Para entender a distribuição espacial de uma cultura é necessário informações confiáveis sobre a área a ser mapeada. Atualmente, Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) estão sendo estudadas por detectarem informações próximas ao alvo e, conseqüentemente, fornecerem dados com alta resolução espacial e temporal. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi obter imagens com câmera convencional por meio de uma RPA e realizar a classificação supervisionada para obtenção do mapeamento de uso do solo de uma lavoura cafeeira. O experimento foi realizado em uma lavoura cafeeira pertencente à Agência de Inovação do Café (InovaCafé) na Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG. Utilizou-se uma RPA de asa rotativa, em modo de voo autônomo, e na altura de 75 m. Processou-se as imagens no software QGis, realizou-se o georreferenciamento e a classificação, posteriormente aferiu-se a acurácia e quantificou-se as classes. Concluiu-se que foi possível classificar e distinguir as categorias em: Solo; Planta Daninha; e Cultura, em uma área de 1,23 ha resultando em 29,56% de cafeeiros, uma acurácia geral de 85% e estimativa do Kappa de 0,75, sendo possível distinguir os diferentes estágios de desenvolvimento dos cafeeiros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Classificação Supervisionada; Lavoura Cafeeira; Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas; Sensoriamento Remoto; Agricultura de Precisão

## AIRCRAFT REMOTELY PILOTED USE FOR LAND USE MAPPING IN CROP COFFEE

**ABSTRACT:** Precision Agriculture consists of techniques to deal with spatial variability. Understanding the spatial distribution of a culture requires reliable information about the area to be mapped. Currently, Remotely Piloted Aircraft (RPA) are being studied for detecting information close to the target and, consequently, providing data with high spatial and temporal resolution. Therefore, the objective of this work was to obtain images with conventional camera by means of a RPA and to carry out the supervised classification to obtain the mapping of the soil use of a coffee crop. The experiment was carried out in a coffee field belonging to the Coffee Innovation Agency (InovaCafé) at the Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. It was used a RPA with rotary wings, in an autonomous flight, and height of 75 m. The images were processed in the QGIS software, the georeferencing and the classification were performed, then the accuracy was measured and the classes were quantified. It was concluded that it was possible to classify and distinguish the categories in: Solo; Weed; and Culture, in an area of 1.23 ha resulting in 29.56% of coffee trees, an overall accuracy of 85% and Kappa estimation of 0.75, and it is possible to distinguish the different stages of coffee development.

**KEYWORDS:** Supervised Classification; Coffee Crop; Unmanned Aircraft Systems (UAS); Remote Sensing; Precision Agriculture

## 1 | INTRODUÇÃO

Para identificar as variações no campo e aplicar estratégias para lidar com a variabilidade espacial, utilizam-se de conceitos da Agricultura de Precisão e de tecnologias geoespaciais como: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), sensores, dentre outras (ZHANG e KOVACS, 2012).

Quantificar e saber a distribuição da vegetação dentro de uma área de cultivo é o primeiro e importante passo na Agricultura de Precisão (TORRES-SÁNCHEZ et al., 2014). Porém para Zhang e Kovacs (2012), ainda existem limitações para aplicar estas tecnologias no gerenciamento da fazenda como: a falta de dados de alta resolução espacial, a interpretação e extração de dados, a coleta e entrega das imagens em tempo hábil e a integração desses dados com dados agronômicos em sistemas especializados.

Assim, as plataformas como as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) estão sendo desenvolvidas e estudadas na última década como complemento das imagens de satélites, a fim de obter informações de alvos com melhor resolução espacial, chegando a centímetros e até a milímetros, com maior flexibilidade de

obtenção das imagens e alta resolução temporal.

Diante deste contexto, teve-se por objetivo obter imagens com câmera convencional por meio de uma RPA e realizar a classificação supervisionada para obtenção do mapeamento de uso do solo de uma lavoura cafeeira.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma lavoura cafeeira pertencente à Agência de Inovação do Café (InovaCafé), localizada na Universidade Federal de Lavras (UFLA) no município de Lavras/Minas Gerais, com as coordenadas latitude 21°13'33.17" S, longitude 44°58'17.54" W Gr. e 936m de altitude. A imagem foi obtida por meio de uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) com asa rotativa (quadricóptero), operando em voo autônomo.

Foi utilizado uma câmera convencional RGB (Red, Green, Blue) abrangendo a faixa do visível, com resolução de 12,4 megapixels, lente 20 mm com abertura de f/2.8, sendo um sistema de baixo custo comparado com outros sensores e plataformas. O voo foi realizado no dia 21 de fevereiro de 2017 entre 12h e 14h para captar a maior incidência de radiação na área de estudo. Foi obtida uma única foto abrangendo toda a área de interesse, a uma altura de 75 metros de altitude ao nível do solo.

Na fase de processamento utilizou-se o software QuantumGis (QGIS, 2017) versão 2.16.3 open source. A imagem foi georreferenciada e reprojeta para a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), no datum WGS 84 zona 23 S, de acordo com as coordenadas dos pontos de controle coletadas na área de estudo. Para a classificação supervisionada da imagem, utilizou-se o SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) com o algoritmo Mínima Distância, para isso coletou-se amostras para servir como respostas espectrais dos alvos de interesse como: solo exposto, cultura cafeeira e planta daninha e assim treinar o classificador para classificar o restante da imagem a partir das amostras. Na fase de pós-processamento aferiu-se a acurácia temática dos resultados obtidos na classificação e quantificou-se os pixels das áreas classificadas, posteriormente fez-se a confecção do layout do mapa de uso do solo da área cafeeira.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados, a classificação supervisionada utilizando o algoritmo Mínima Distância evidenciou de forma satisfatória as classes de uso do solo da área em estudo, como pode-se observar o mapa da Figura 1.

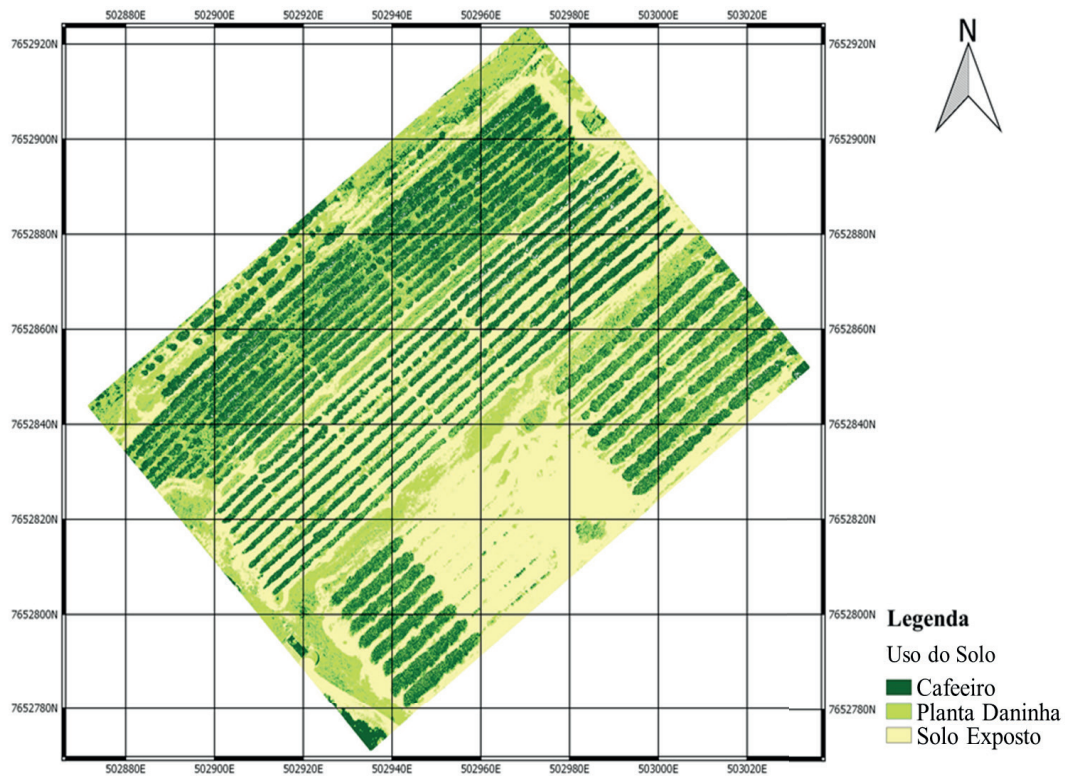


Figura 1- Mapa de uso do solo de uma lavoura cafeeira, imagem obtida em Fevereiro de 2017.

O mapa de uso do solo, obteve uma resolução espacial de 3,2 cm, o mesmo evidência a distinção das categorias, o desenvolvimento, a uniformidade e falhas dentro da lavoura cafeeira, bem como o desenvolvimento de plantas daninhas nas entrelinhas e ao redor do cafeeiro e as áreas de solo exposto. A classificação da imagem permitiu destacar o uso do solo e observar diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, devido às diferentes épocas de plantio e tratamentos impostos na área. Assim, com a imagem obtida pela RPA pôde-se obter informações do desenvolvimento da cultura de forma mais acessível, mesmo utilizando sensor de baixo custo como é o caso da utilização de câmera convencional.

Apesar da baixa resolução espectral de câmeras convencionais, as mesmas se mostram como alternativa para monitoramento de pequenas áreas, assim como nos resultados dos estudos realizados por Torres-Sánchez et al. (2014). Os autores concluíram que tais câmera acoplada à plataforma autônoma como a RPA, são ferramentas adequadas para a discriminação da vegetação, sendo uma tecnologia que pode ser aplicada na agricultura de precisão para mapeamentos precisos.

Segundo Rodríguez et al. (2012), as RPAs agem como “um olho no céu”, sendo uma oportunidade aos agricultores para que possam utilizar esta tecnologia no intuito de inspecionar e monitorar lavouras com mais flexibilidade, de forma rápida e com maior detalhamento devida a alta resolução espacial e temporal.

A classificação da imagem obtida por detecção remota utilizando a RPA permitiu quantificar a área das categorias amostradas. Pela análise da Tabela 1 é possível observar esta quantificação, na qual tem-se uma porcentagem grande de solo

exposto, seguido por planta daninha e cafeeiros, totalizando uma área de 1,23 ha.

Uso do Solo	Porcentagem (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)
Café	29,56	3648,35	0,36
Planta Daninha	30,48	3762,36	0,38
Solo Exposto	38,39	4739,35	0,47
Não Classificado	1,56	192,27	0,02
Total	100,0	12342,33	1,23

Tabela 1- Quantificação das áreas de uso do solo de uma lavoura cafeeira obtidas após a classificação.

A acurácia geral do mapa de uso do solo foi de 85% e a estimativa de kappa ( $\kappa$ ) apresentou um valor de 0,75 correspondendo à categoria “muito bom” de desempenho classificatório (0,60 - 0,80) segundo Landis e Koch (1977).

## 4 | CONCLUSÃO

Foi possível classificar a imagem obtida por aeronave remotamente pilotada (RPA). Com o mapa temático da classificação da área foi possível detectar e quantificar as classes de uso do solo e ver os diferentes estágios de desenvolvimento dos cafeeiros na área em estudo.

## 5 | AGRADECIMENTOS

A UFLA e ao PPGEA pelo apoio às pesquisas. A CAPES e ao SESU/MEC/PET pelo auxílio financeiro dos bolsista envolvidos nos estudos.

## REFERÊNCIAS

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-179, 1977.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2017.

RODRÍGUEZ A, NEGRO JJ, MULERO M, RODRÍGUEZ C, HERNÁNDEZ-PLIEGO J. The eye in the sky: combined use of unmanned aerial systems and GPS data loggers for ecological research and conservation of small birds. **PLoS One** 7, 2012.

TORRES-SÁNCHEZ, J. et al. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 103, p. 104-113, 2014.

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision agriculture**, v. 13, n. 6, p. 693-712, 2012.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**JORGE GONZÁLEZAGUILERA:** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia 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, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando 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](mailto: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](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácido giberélico 15, 30, 32, 35

Adubação foliar 98, 99, 104

Agricultura familiar 43, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Água 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 16, 32, 49, 52, 53, 64, 87, 93, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 123, 124, 125, 126, 128, 131, 136

### B

Bahia 52, 69, 71, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Biocombustível 106

Biomassa total 30, 33, 34, 35, 109, 110, 111

### C

Café 23, 24, 140, 142, 144

Capsicum Annuum L 1, 2, 123, 124

Cerâmica 56, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67

Coelhos 38, 39, 40, 41, 42, 43

Controle 3, 6, 20, 64, 78, 102, 103, 125, 128, 134, 135, 136, 137, 142, 145

### D

Degradação ambiental 44, 45, 49, 50, 55, 59, 60, 63, 66, 67, 70, 76

Desenvolvimento regional 56

Desenvolvimento rural 40, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Desenvolvimento sustentável 31, 42, 44, 53, 55, 83, 87, 88

Drone 23

### E

Estresse salino 1, 3, 9, 11, 123, 125, 131, 132

Exploração Madeireira 69, 74, 79

### F

Frutas 13, 14

### G

Governança Participativa 69

### H

Hidrolato 13, 18, 19

História agrária 69, 80

### I

Impactos ambientais e socioeconômicos 56, 57

Ingredientes alternativos 38, 40

## **J**

Jatropha curcas 36, 106, 107, 113, 114

## **M**

Manejo 3, 10, 11, 16, 20, 21, 23, 32, 35, 77, 91, 99, 100, 125, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 145

Metano 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96

MIP 134, 135, 136, 137

Monitoramento 24, 115, 116, 118, 120, 136, 143

## **N**

Natureza 2, 44, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 124

Nutrição de plantas 1, 3, 98, 123, 125

## **P**

Pau d'algo 13, 18, 19, 21

Plantas aquáticas 90, 91, 95

Potencial energético 89, 90, 91, 107

Pragas 17, 134, 135, 136, 137, 138

Produtividade 2, 3, 4, 6, 10, 19, 23, 29, 31, 35, 49, 81, 82, 85, 90, 98, 99, 100, 102, 103, 108, 115, 116, 120, 124, 125, 126, 128, 132, 135

## **Q**

Quebra de dormência 13, 16, 17, 20

## **R**

Reguladores vegetais 30, 32

## **S**

Saccharum Officinarum 115, 116

Sensoriamento remoto 54, 115, 116, 119, 121, 122, 141

Silicato de Cálcio 1, 4, 10, 123, 126, 132

Silício 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 123, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132

Sistemas de aeronaves não tripuladas 23, 141

Sobreposição 22, 23, 24, 25, 26, 27

Sociedade 10, 44, 46, 47, 48, 53, 54, 62, 63, 69, 77, 79, 132

Solanaceae 1, 2, 123, 124

Sustentabilidade 3, 38, 39, 47, 62, 81, 85, 88, 125, 136

## **T**

Terras Agrícolas 49, 134, 135

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-639-3

