



Universidade Federal de Viçosa

Departamento de Engenharia Agrícola
Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental

V SIMEAA – Simpósio e XVII Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e
Ambiental

“Gestão de Recursos Hídricos para a Agricultura Irrigada”

VIÇOSA – MG

2023



2023, Volume 4

Universidade Federal de Viçosa

Reitor

Demétrius David da Silva

Vice-reitora

Rejane Nascentes

Diretor do Centro de Ciências Agrárias

Mário Luiz Chizzotti

Chefe do Departamento de Engenharia Agrícola

Catariny Cabral Aleman

Coordenador do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental

Roberto Precci Lopes

O conteúdo destes anais é de exclusiva responsabilidade de seus autores.



Comissão Coordenadora

Prof.^a Catariny Cabral Aleman – Coordenadora Geral

Comissão Organizadora

Amilton Gabriel Siqueira de Miranda

Higor de Queiroz Ribeiro

Izabela Maria dos Santos Silva

Jeniffer Pacheco Cruz

Júlio César de Oliveira Braga Filho

Letícia Fonseca Anício de Brito

Lucas Batista Leardini

Vinícius Lacerda Silva

Avaliadores de Painéis/ Resumo

Msc. Anielly Contreiro Saar

Prof.^a Dr.^a Andriene Woods Pedrosa

Prof. Dr. Ernandes Rodrigues de Alencar

Eng. Nathalia Rezende de Assis Alves

Eng. Renan Tarenta Meireles Brasil

Apoio

Departamento de Engenharia Agrícola – DEA/UFV

Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFV

Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração das seguintes instituições:

Departamento de Engenharia Agrícola – DEA/UFV

Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFV

Irrizom Irrigação Zona da Mata

Lindsay

Hidrocontrol

Reserva Imobiliária

Edson Motos



V SIMPÓSIO E XVII SEMANA ACADÊMICA DE
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**Gestão de Recursos Hídricos
para a Agricultura Irrigada**

**08 a 11 de
novembro de 2023**

Sumário

Prospecção tecnológica de tecnologias de fabricação de proteína de pescado em pó	07
Calibração de sensor de CO2 para uso em sistema de medição de respiração de tronco de árvore	10
Impacto da irrigação na produtividade do óleo de canola na Zona da Mata Mineira	13
Índice de vegetação e componentes do balanço hídrico do solo para Alegrete, RS	16
Predição da produtividade de milho usando aprendizado de máquina associado a imagens multiespectrais	19
Desenvolvimento e validação de sensor de umidade capacitivo de baixo custo do solo	22
Volumes de aplicação de defensivos com espectrofotometria e massa em diferentes concentrações de traçador	25
Perfil e uniformidade de distribuição de ponta com tecnologia redutora de deriva em diferentes pressões	28
Estimativa de indicadores de stress hídrico em culturas de terceira safra irrigadas no polo do Alto Teles Pires – MT	31
Evapotranspiração de florestas de eucalipto por sensoriamento remoto	34
Desempenho de diferentes mecanismos dosadores na Qualidade de sementeira de feijão vermelho (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	37
Caracterização do espectro de gotas de ponta com tecnologia redutora de deriva em diferentes pressões	40
Manejo da irrigação do girassol submetido ao déficit hídrico controlado	43
Uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão	46



Apresentação

O V SIMEAA – Simpósio e XVII Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental, com a temática: “Gestão de Recursos Hídricos para a Agricultura Irrigada”. A equipe organizadora é formada por acadêmicos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, membros do CAEAA - Centro Acadêmico de Engenharia Agrícola e Ambiental, PET EAA – Programa de Educação Tutorial da Engenharia Agrícola e Ambiental, e GESAI – Grupo de Estudos e Soluções para a Agricultura Irrigada. A equipe contará com a orientação da docente Catariny Cabral Aleman, superior em Engenharia Agrônômica, 2009, Universidade do Oeste Paulista; D.S. Sistemas Agrícolas, 2015, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Catariny é docente do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Viçosa, e tem como áreas de interesse: hidráulica, engenharia de irrigação, manejo de irrigação, irrigação de precisão e viabilidade econômica.



PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE TECNOLOGIAS DE FABRICAÇÃO DE PROTEÍNA DE PESCADO EM PÓ

Luiz Henrique Castelan Carlson¹

¹Docente Engenharia de Alimentos - IFSC. e-mail: luiz.carlson@ifsc.edu.br

RESUMO: Os processos de beneficiamento e conservação de pescado geram uma alta quantidade de resíduos, podem chegar a 70% do peso do pescado. Estes resíduos, com alto valor nutricional, são geralmente destinados à produção de farinha de peixe, um produto com baixo valor agregado utilizado como ração animal, mas que poderia ser destinado à elaboração de proteína de pescado em pó (PPP) para nutrição humana, um produto de alto valor agregado e ignorado pela indústria nacional. As bases de patentes são a mais importante fonte de informação tecnológica, contendo patentes que, por não estarem protegidas no Brasil, estão livres para adoção pela indústria nacional sem qualquer ônus. Este trabalho mapeou 51 tecnologias de fabricação de PPP disponíveis para incorporação pela indústria de beneficiamento de pescado de Itajaí e região.

Palavras-Chave: Patente de invenção, extração de proteína de pescado, aproveitamento de resíduos de pescado.

INTRODUÇÃO

Historicamente, os principais métodos de beneficiamento e conservação de pescado empregados na elaboração de produtos alimentícios para o consumo humano são os seguintes: enlatamento (conservas), salga, defumação, desidratação e demais processamentos que envolve a limpeza do pescado. Tais métodos de beneficiamento geram grande quantidade de resíduos que pode chegar a 70% do peso do pescado. Este resíduo, que ainda possui um alto valor nutricional, é geralmente destinado à produção de farinha de peixe, um produto com baixo valor agregado utilizado como ração animal (Gonçalves, 2011).

Com a evolução tecnológica dos processos de beneficiamento de pescado aliada aos avanços nas pesquisas sobre a nutrição humana com proteínas e peptídeos de pescado, surge um mercado em potencial para a elaboração de um produto de alto valor

agregado a partir dos resíduos do pescado: a proteína de pescado em pó (PPP) para nutrição humana (Tahergorabi et al., 2012).

Tais tecnologias estão descritas nas bases de patentes de invenção e livremente acessíveis, mas que geralmente são ignoradas pela indústria brasileira:

Considerando o grande número de empresas de beneficiamento de pescados no Brasil, as quais geralmente destinam os resíduos de pescado exclusivamente para a fabricação de farinha de pescado, um produto de baixo valor agregado, ignorando o potencial mercadológico de destinar tais resíduos para a fabricação de PPP, surge a seguinte pergunta: qual a quantidade e a qualidade das tecnologias que descrevem processos de transformação de resíduos de pescado em PPP com potencial para adoção pelas empresas brasileiras?

MATERIAL E MÉTODOS

A melhor estratégia para a busca de patentes é através do uso da Classificação Internacional de Patentes (CIP), que é um sistema de classificação exclusivamente configurado para ordenar as informações técnicas de produção em setores tecnológicos.

A primeira etapa do trabalho consistiu na definição de um código CIP que compreenda o ramo tecnológico de interesse e um conjunto de palavras-chave. Na segunda etapa, este código CIP e as palavras-chave foram utilizados para realizar a busca de documentos de patentes nas Bases Internacionais da PatentScope (<http://www.wipo.int/patentscope/>), Google Patents (<http://www.google.com/patents>) e INPI (<http://www.inpi.gov.br>).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a revisão da literatura, as principais técnicas empregadas para extrair proteínas de pescado são: hidrólise enzimática, hidrólise ácida, extração por solvente e processos de extração convencionais (Martins et al., 2009).

Kristinsson & Rasco (2000) realizaram uma revisão crítica sobre a produção de hidrolisados de proteína de peixe e suas propriedades bioquímicas

e funcionais. Concluíram que a hidrólise enzimática é um método suave e altamente eficiente para extrair proteínas de peixes, sendo o melhor método quando se busca altos rendimentos e boa qualidade da proteína extraída, que é o caso quando a mesma é destinada à produção de suplemento alimentício para humanos.

O código CIP definido para realização da prospecção tecnológica foi o A23J 1/04, que está diretamente relacionado à tecnologia de processamento de alimentos e bebidas, mais especificamente à extração de proteínas de peixes ou outros animais marinhos.

A busca no Patentscope da WIPO retornou 2.279 documentos, enquanto que a busca no Google Patents retornou 2.716 documentos. Uma análise rápida dos resultados, com uma breve leitura dos resumos dos documentos na primeira página de resultados, é possível verificar que muitos documentos não são específicos de tecnologias de extração de peixes para produção de proteína em pó para consumo humano. Sendo necessário realizar uma busca mais especializada e detalhada para obter resultados mais precisos. Foram definidas três palavras-chaves que devem estar contidas no título ou no resumo do documento de patente, sendo elas: *fish*, *protein* e *powder* (peixe, proteína e pó, respectivamente).

Sendo assim, foi realizada a busca utilizando as referidas palavras-chaves e o código CIP A23J 1/04 como critério de busca. Os países depositantes estão representados na figura 1.

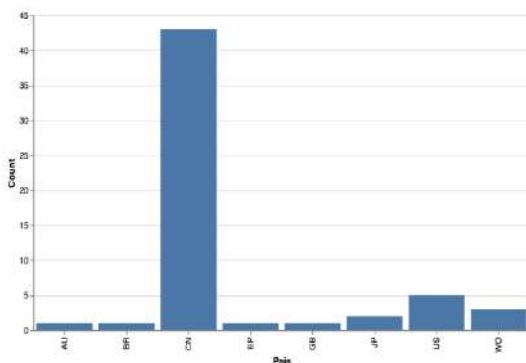


Figura 1: Quantitativo de documentos de patentes por país de origem resultantes na busca do Google Patents.

A China é o país que vem dominando o depósito de patentes no ramo tecnológico de interesse deste trabalho, representando 75,4% do total de documentos encontrados

na busca internacional.

Foi realizada uma análise detalhada de cada um dos 57 documentos de patentes, de forma a averiguar a atual situação relacionada ao depósito, se houve pedido de proteção no Brasil e, principalmente, quanto ao teor tecnológico e método de extração da proteína de peixe. Verificou-se que cinco documentos não descrevem um método de extração de proteína de peixe, mas tão somente o seu uso para produção de outros produtos. Sendo assim, restaram 52 documentos de patentes resultantes da busca no Google Patents, conforme relacionado no quadro 1.

Quadro 1: Documentos de patentes resultantes da busca realizada no Google Patents.



A figura 2 apresenta o acumulado de depósito de pedidos de patente ao longo dos anos. Verifica-se claramente uma mudança de tendência a partir do ano de 2013, quando passou a ocorrer um aumento exponencial no número de depósito de patentes, o que indica um interesse crescente do ponto de vista de P&D e comercial nas tecnologias de extração de proteína de peixes.

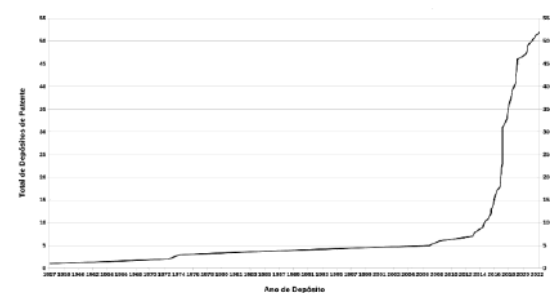


Figura 2: Acumulado de depósito de patentes por ano.

Também pode ser constatado, de acordo com a figura 3, que o principal método de extração descritos nos documentos de patente é a hidrólise enzimática. Tal resultado já era esperado, uma vez que este é reconhecido como o melhor método para obtenção de um produto de alta qualidade. Porém, é interessante notar que outros métodos mais

“convencionais” também apareceram em documentos depositados nos últimos anos.

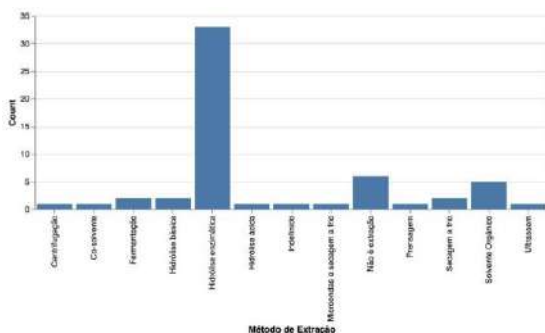


Figura 5: Métodos de extração encontrados na busca.

CONCLUSÕES

Por meio de uma pesquisa bibliográfica e uma prospecção tecnológica nas bases de patentes foram identificadas diversas tecnologias disponíveis para a extração de proteínas de peixes, constatando-se que hidrólise enzimática é a mais eficaz para produzir hidrolisados de proteína de peixe com propriedades funcionais específicas e de alta qualidade, sendo o método descrito na maioria dos documentos de patentes encontrados.

O código A23J 1/04 da Classificação Internacional de Patentes (CIP) é específico do ramo tecnológico de extração de proteínas de pescado, mas foi necessário o uso de palavras-chaves para refinar a busca nas bases internacionais.

Na busca realizada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), foram encontrados 26 documentos de patentes relacionados à extração de proteínas de pescado. Dentre esses documentos, destacam-se dois depósitos de patentes deferidos, indicando a viabilidade e a relevância dessas tecnologias. O depósito de tecnologias desenvolvidas em outros países demonstra o interesse de exploração comercial no Brasil. Destaca-se a Noruega e os Estados Unidos como os principais países com depósitos de patentes no Brasil relacionadas à extração de proteínas de peixes.

Na busca internacional, foram encontrados 52 documentos de patentes relacionados à extração de proteínas de pescado, sendo que 51 destes estão disponíveis livremente para a adoção da tecnologia por empresas brasileiras. Desses documentos, 14 foram deferidos, ou seja, tiveram a carta patente

concedida. Além disso, foi observado que a China é o país que mais depositou patentes nessa área, representando 75,4% do total de documentos encontrados na busca.

A análise detalhada dos documentos de patentes revelou diferentes métodos de extração de proteínas de pescado. Entre os métodos mais mencionados está a hidrólise enzimática.

É importante ressaltar que a análise dos documentos de patentes encontrados não se limitou apenas à descrição dos métodos de extração, mas também abrangeu o uso das proteínas de pescado para a produção de outros produtos. Isso indica o potencial de aplicação dessas tecnologias não apenas na fabricação de proteína em pó, mas também em outros setores da indústria alimentícia.

Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que a fabricação de proteína de pescado em pó para consumo humano é uma área promissora e com diversas opções tecnológicas disponíveis. A escolha da técnica de extração dependerá do objetivo final e das propriedades desejadas do produto.

A prospecção tecnológica realizada neste trabalho proporcionou uma visão abrangente das tecnologias de fabricação de proteína de pescado em pó. Os resultados obtidos podem servir como base para futuros estudos e desenvolvimento de produtos inovadores na área de alimentos. A utilização dessas tecnologias pode contribuir para a redução do desperdício de resíduos de pescado e para a oferta de alimentos nutritivos e de alto valor agregado para consumo humano.

REFERÊNCIAS

a. Artigos de periódicos:

KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A. Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical, and Functional Properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, n. 1, p. 43–81, jan. 2000

MARTINS, V. G.; COSTA, J. A. V.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Hidrolisado protéico de pescado obtido por vias química e enzimática a partir de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 61–66, 2009

TAHERGORABI, REZA; BEAMER, SARAH K.; MATAK, KRISTEN E.; JACZYNSKI, JACEK. "Functional food products made from fish protein isolate recovered with isoelectric solubilization/precipitation". **LWT - Food Science and Technology**. 48 (1), 2012.

b. Livro:

GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do pescado: Ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo : Editora Atheneu, 2011. ISBN 978-85-388-0197-9

Calibração de sensor de CO₂ para uso em sistema de medição de respiração de tronco de árvore

Iago Barbosa do Nascimento Salvador¹, André Luiz de Freitas Coelho, João Victor Pereira Oliveira³

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: iago.salvador@ufv.br; ² Professor do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. E-mail: andre.coelho@ufv.br; ³ Professor do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. E-mail: oliveira.jvp@ufv.br

RESUMO: O dióxido de carbono (CO₂), liberado do tronco das árvores corresponde de 5% a 42% das emissões totais de carbono de um ecossistema, o que leva esse fenômeno a ser alvo de pesquisas. Assim, a câmara de medição de CO₂ permite a coleta de dados tornando-se uma ferramenta para medições de fluxo em várias configurações de pesquisa. Esse trabalho teve como objetivo calibrar um sensor de CO₂, COZIR-AH-1 para desenvolvimento de câmara de medição de fluxo de CO₂, utilizando um sensor de referência. Os resultados obtidos comprovaram que o COZIR-AH-1 é sensível a variações de concentração de CO₂.

Palavras-Chave: Sensores de baixo custo, câmara de fluxo de CO₂, calibração de sensor

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais desempenham um papel crucial na regulação do ciclo global de carbono e na atenuação das mudanças climáticas, pois absorvem consideráveis quantidades de dióxido de carbono CO₂ da atmosfera. Embora as árvores absorvam CO₂ durante o processo de fotossíntese, também o liberam pelo caule durante a respiração. A liberação de CO₂ pelas árvores através do tronco é responsável por uma parte substancial das emissões totais de carbono de um ecossistema, variando de 5% a 42%. Portanto, esse fenômeno tem sido alvo de pesquisas, visando avaliar o equilíbrio de carbono nas florestas tropicais e compreender a relação entre os processos externos do ecossistema e os processos metabólicos das árvores (ROWLAND, 2018).

Embora as medições manuais ainda aconteçam, os processos envolvendo a automação do sistema tem crescido cada vez mais, como em trabalhos intensivos de campo,

laboratório, locais remotos, estudos de baixo custo e projetos educacionais (CARBONE, 2019). A automação possibilita a precisão dos resultados, otimizar a eficiência das operações de laboratório, redução de erros, reprodutibilidade, monitoramento contínuo e integração de dados enquanto os processos manuais são trabalhosos, cansativos, sujeitos a erros e com baixo rendimento (PELLINI, 2017).

Sistemas portáteis de medição de fluxo de CO₂ estão disponíveis comercialmente, mas possuem custo elevado e vêm com software limitado para coleta de dados. Dessa forma, uma alternativa para os pesquisadores é desenvolver câmaras para medição do CO₂ utilizando componentes eletrônicos de baixo custo, como por exemplo: sensores, placas Arduino e programação C/C++. Assim, a câmara de medição de CO₂ permite a coleta de dados em tempo real, controle de qualidade e anexação de metadados, tornando-se uma ferramenta indispensável para medições manuais de fluxo em várias configurações de pesquisa. Câmaras de diferentes tipos e métodos de medição são utilizadas para quantificar o CO₂ liberado pelos caules, e assume-se que essas medidas representam diretamente a quantidade de CO₂ produzida pela respiração dos tecidos subjacentes das árvores. Todavia, essa suposição não leva em consideração que a emissão local de CO₂ é o resultado apenas da produção de CO₂ pela respiração, mas também de uma série de processos que ocorrem após a respiração. Portanto, esses processos podem variar consideravelmente ao longo do tempo e podem ser diferentes entre árvores da mesma espécie (HELM, 2021).

Esse trabalho tem como objetivo calibrar um sensor de CO₂, COZIR-AH-1, utilizado no desenvolvimento de câmara de medição de respiração, à prova de intempéries, de baixo custo e totalmente autônoma que permita medições simultâneas in situ dos fluxos de CO₂, O₂, umidade e temperatura a partir de caules de árvores, incluindo troncos em decomposição.

MATERIAL E MÉTODOS

O sensor COZIR-AH-1 utilizado para o desenvolvimento da câmara de medição de respiração em troncos de árvores, contém calibração de fábrica, sendo os valores enviados ao microcontrolador por meio de protocolos digitais de comunicação UART e I2C. O sensor COZIR-AH-1 é um sensor de baixo custo e baixo consumo de energia, porém com alto desempenho. Desenvolvido pela Gas Sensing Solutions Ltd.(GSS) para medição de concentração de dióxido de carbono (CO_2), conseguindo operar na faixa de 0 – 10000 partes por milhão. Dessa forma, a calibração do sensor consistiu na obtenção de uma equação de correção dos valores informados pelo referido sensor. O sensor COZIR-AH-1 foi conectado a uma placa Arduino MEGA 2560, onde foi executado um programa de computador desenvolvido em linguagem C++.

Para a aferição do sensor COZIR-AH-1 o mesmo foi instalado em uma casa de vegetação com sistema de injeção de CO_2 . Assim, foi possível obter atmosfera com concentração de CO_2 entre 400 e 2000 ppm. Para a medição de CO_2 real foi utilizado uma o sensor Instrutherm DG300, como sensor de referência, instalado próximo ao sensor COZIR-AH-1. Os dados informados pelos dois sensores foram registrados, em um intervalo de 1 minuto, durante o aumento e a redução da concentração de CO_2 no ambiente controlado. A aferição consistiu em obter uma equação, usando regressão linear, para corrigir os valores fornecidos pelo sensor COZIR-AH-1.

Quadro 1. Descrição do sensor utilizado para calibração (desnecessário esse quadro – colocar as informações direto no texto).

Sensor	Descrição	Fabricante	Faixa de Medição
COZIR-AH-1	Medição de concentração de dióxido de carbono (CO_2)	Gas Sensing Solutions Ltd.	0 a 10000 partes por milhão (ppm)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado os resultados da análise de regressão. Os parâmetros da equação de calibração do sensor para medição de dióxido de carbono foram significativos. ($P < 0,05$). O erro médio quadrático observado foi de XX

A equação que define a curva de calibração do equipamento é:

$$y = 0,5613x + 337,88$$

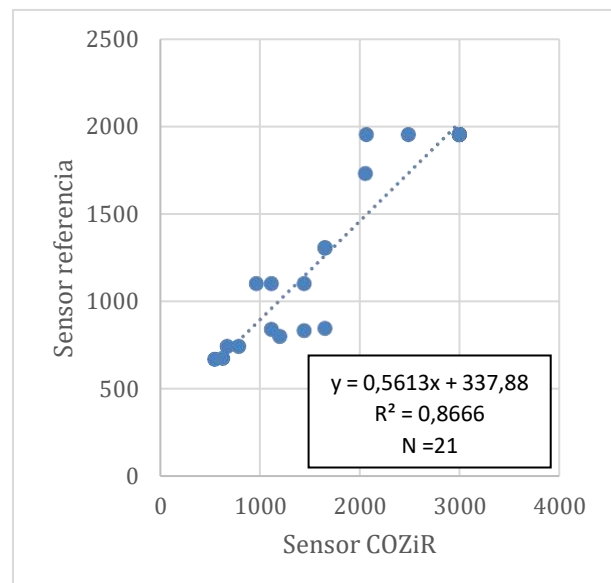


Figura 1. Parte por milhão de CO_2 na estufa. valores medidos pelos sensores Instrutherm DG300 (sensor de referência), COZIR-AH-1 e curva de regressão.

Na Figura 2 é apresentado uma comparação entre os valores obtidos pelo sensor referência, os valores do COZIR-AH-1 e os resultados com o sensor corrigido. Observou-se que o sensor COZIR-AH-1 foi sensível ao aumento e redução da concentração de CO_2 do ambiente. Sem a correção dos valores informados pelo COZIR-AH-1, observou-se aumento da diferença com os valores informados pelo sensor

de referência, à medida que a concentração de CO_2 aumentou. Tal comportamento foi eliminado utilizando a equação de calibração (Figura 1). Além disso, observou-se o sensor COZIR-AH-1 demandou maior tempo para responder à variação de concentração de gás CO_2 ambiente, comparado ao sensor de referência.

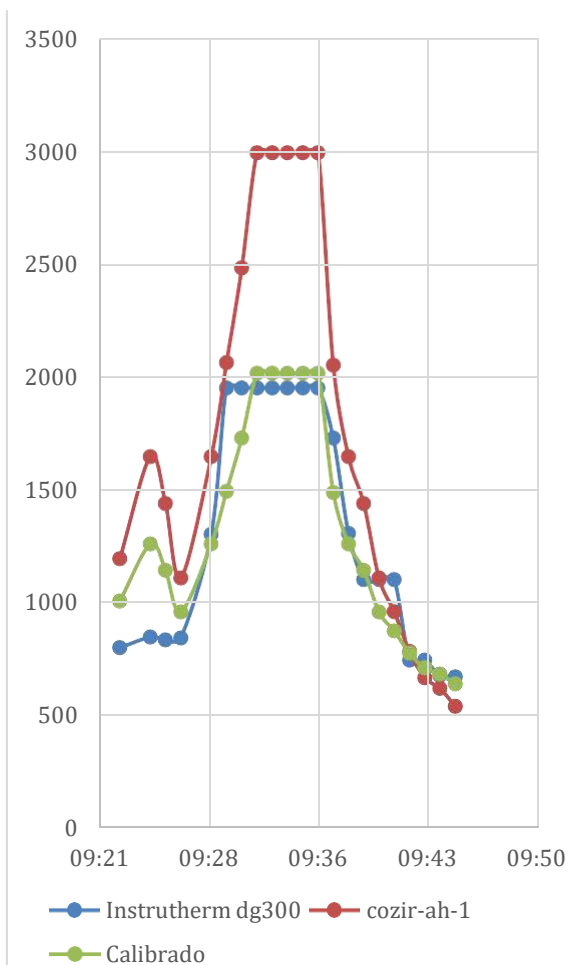


Figura 2. Valores coletados pelos sensores: Instrutherm DG300, COZIR-AH-1 e os valores do COZIR-AH-1 após a calibração.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos comprovaram que o COZIR-AH-1 é sensível às variações de concentração de CO_2 entre 400 e 2000 ppm. Porém, os valores informados pelo sensor divergiram daqueles apresentados pelo sensor de referência para uma mesma concentração de gás, necessitando a utilização de uma curva de calibração. O sensor COZIR-AH-1 apresentou maior tempo de resposta comparado ao sensor de referência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a SIF pelo financiamento da pesquisa e ao CNPq pela bolsa do estudante.

REFERÊNCIAS

- CARBONE, et al. Puppy – An open-source software application and portable system design for low-cost manual measurements of CO_2 and H_2O fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 274, p. 1-6, 2019.
- HELM, Juliane et al. Low-cost chamber design for simultaneous CO_2 and O_2 flux measurements between tree stems and the atmosphere. *Tree Physiology*, v. 41, n. 9, p. 1767-1780, setembro 2021.
- PELLINI, E. L. Introdução a automação de sistemas elétricos. São Paulo: PEA, 2017. 62p.
- ROWLAND, Lucy et al. Drought stress and tree size determine stem CO_2 efflux in a tropical forest. *New Phytol*, [S.l.], v. 218, p. 1393-1405, 2018. DOI: 10.1111/nph.15024.

Impacto da Irrigação na Produtividade do Óleo de Canola na Zona da Mata Mineira

Joslanny Higino Vieira¹, Laylton de Albuquerque Santos², Catariny Cabral Aleman Pina³, Jeniffer Pacheco Cruz⁴, Carlos Eduardo Alves Oliveira⁵

¹Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Capes. e-mail: joslanny.vieira@ufv.br; ² Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Capes. e-mail: Laylton.santos@ufv.br; ³Professora do Curso de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: catariny@ufv.br; ⁴ Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Capes. e-mail: jeniffer.cruz@ufv.br; ⁵ Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista de Capes. e-mail: carlosoliveira@ufv.br

RESUMO: A canola tem se destacado como uma opção de cultivo promissora no sudeste brasileiro, incluindo Minas Gerais. No entanto, para compreender melhor o comportamento da cultura nessas regiões, este estudo visou avaliar se a irrigação influencia na produtividade de grãos e óleo de canola. Realizado em Viçosa-MG, o experimento adotou um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, utilizando seis lâminas de água: 0 (sem irrigação), 20, 40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração da cultura (ETc), com sistema de irrigação por gotejamento superficial. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão, com nível de significância de 5%. Os resultados indicaram uma influência significativa das lâminas de irrigação na produtividade de grãos e óleo de canola ($P < 0.01$). A produtividade máxima de grãos foi observada com 96% da ETc (3.36 t ha⁻¹), enquanto a maior produtividade de óleo ocorreu com 91% da ETc (0,97 t/ha). Esses resultados fornecem diretrizes valiosas para otimizar a prática de irrigação e maximizar a produtividade da canola na região estudada.

Palavras-Chave: *Brassica napus* L., evapotranspiração da cultura, sequeiro

INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. oleífera) é a terceira cultura oleaginosa mais produzida mundialmente (Rahimi-Moghaddam et al., 2021). A cultura é amplamente empregada para o consumo humano e matéria-prima renovável para biodiesel (Wu, Ma e Whalen, 2018).

No Brasil, em 2022, a produtividade da canola atingiu a marca de 1.743 kg ha⁻¹, com previsão de produção em torno de 102,7 mil toneladas para 2023 (CONAB, 2023). A canola vem se tornando uma excelente opção de cultivo entre safras para o agronegócio, com potencial de expansão para

as regiões no centro-oeste, sudeste e sul do país (Fuzaro et al., 2018).

Em Minas gerais, a avaliação de híbridos de canola em função de épocas de semeadura foi realizada na região de Viçosa, o estudo indicou um elevado potencial produtivo e de óleo para a cultura (Lus et al., 2014). Contudo, além das considerações relacionadas às condições climáticas ideais, a gestão da irrigação desempenha um papel fundamental na melhoria da produtividade e rendimento de óleo (Chai et al., 2020), pois a cultura é sensível ao estresse hídrico (Katuwal et al., 2020).

Diante dessa perspectiva, dado a escassez de estudos na Zona da Mata Mineira voltados para a produção de óleo em contextos diversos de estresse hídrico e considerando que essas informações são fundamentais para decisões de investimento de cultivo na região, o objetivo do estudo foi avaliar se a irrigação influencia na produtividade de grãos e óleo de canola.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

Foi conduzido um experimento em campo na área experimental de Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, entre maio à setembro de 2022.

Durante o experimento, a temperatura máxima do ar registrada foi 33°C, enquanto a temperatura mínima do ar foi de 4,5°C. A precipitação total acumulada do período foi de 28,2 mm. A evapotranspiração média de referência foi de 2,39mm.

As sementes da canola (Nuola 300), foram semeadas à 0,01 m de profundidade em densidade de plantio de 25 plantas por metro linear.

Delineamento Experimental

O experimento foi realizado com seis lâminas de água: 0 (sem irrigação), 20, 40, 60, 80 e 100%

da evapotranspiração da cultura (ET_c), em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

Cada parcela experimental (7,5 m²) continha três fileiras de plantas espaçadas a cada 0,5 m e 5,0 m de comprimento. A unidade experimental compreendia 4 metros lineares, correspondendo à linha central de cada tratamento e excluindo as bordas.

Manejo e sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento superficial, com emissores a cada 0.20 m, vazão média de 2,48 L h⁻¹ e pressão operacional de 1 bar.

O manejo da irrigação foi baseado na evapotranspiração diária da cultura (ET_c) (Allen *et al.*, 1998; Mantovani, Bernardo e Palaretti, 2009) (Eq. 1). O turno de rega foi de dois dias.

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_L \times K_s \quad (1)$$

Onde, ET_c é a evapotranspiração da cultura, mm; ET_o é a evapotranspiração de referência; K_c é o coeficiente de cultura, adm; K_L coeficiente de irrigação localizada, adm; e K_s é o coeficiente de estresse hídrico, adm.

A lâmina bruta de irrigação foi calculada a partir da equação 2. A eficiência do sistema de irrigação foi calculada por teste de campo e avaliação do coeficiente de uniformidade de distribuição

$$LB = ET_c/Ea \quad (2)$$

Onde, LB é a lâmina bruta de irrigação, mm; Ea é a eficiência de aplicação do sistema de irrigação aferida por teste de campo, 98%.

Avaliações de produtividade de grãos e óleo

A produtividade de grãos foi estimada pela massa de grãos colhidos em 5 plantas de cada unidade experimental, descontando-se o teor de umidade dos grãos e extrapolando os valores obtidos para toneladas por hectare.

O teor de óleo foi realizado em laboratório por extração de solvente. A produtividade de óleo das sementes foi calculada multiplicando-se a produtividade das sementes pelos seus respectivos teores finais de óleo (Chaganti *et al.*, 2021).

Delineamento e análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão em nível de significância de 5%. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação e no comportamento do fenômeno em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A necessidade média de água para a cultura da canola, sob condições ideais de irrigação (100% ET_c), foi quantificada em 214.53 mm. Vale ressaltar que as necessidades hídricas das culturas variam de acordo com ambientes específicos e potencial de rendimento da canola (Secchi *et al.*, 2023).

As lâminas de irrigação influenciaram significativamente na produtividade dos grãos de canola (P<0.01). A implementação da irrigação de 100% da ET_c resultou em um notável incremento de 615% na produtividade da cultura em comparação com o cultivo não irrigado (**Figura 1**).

Esse resultado está conectado à observação de que o estresse hídrico provoca uma redução mais significativa na produtividade de sementes quando a cultura é exposta à escassez de água por um período prolongado, conforme discutido por Secchi *et al.* (2023).

A análise da equação de ajuste revelou que o ponto máximo ocorreu com a irrigação correspondente a 96% da ET_c, alcançando uma produtividade média de 3.36 t ha⁻¹, configurando-se como a maior produtividade registrada no estudo.

A elevada produtividade de grãos identificada supera substancialmente a média das lavouras brasileiras, estabelecida em aproximadamente 1.743 kg ha⁻¹, conforme relatório da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023). Não obstante, é pertinente ressaltar que tais valores estão em consonância com as produtividades verificadas em outros híbridos de canola, cultivados no mesmo local e época de estudo, como documentado por Lus *et al.* (2014).

No contexto da produtividade de óleo de canola, a irrigação demonstrou ser um fator de alta significância estatística (P <0.01). O ponto de ápice de desempenho, delineado pela equação de ajuste, foi identificado com a irrigação correspondente a 91% da ET_c, resultando em uma produtividade de óleo de aproximadamente 0,97 t ha⁻¹ (**Figura 1**).

As lâminas de irrigação de 60% da ET_c e 80% da ET_c revelaram os menores impactos na produtividade de óleo. Essa observação sugere que a cultura pode ter desenvolvido respostas e mecanismos adaptativos eficazes em níveis morfológicos, fisiológicos e moleculares, como alongamento do sistema radicular até zonas mais úmidas do solo, fechamento parcial dos estômatos e a modificação do metabolismo para

se ajustar ao recurso disponível de carbono (Fang e Xiong, 2015).

CONCLUSÕES

A irrigação influencia na produtividade de grãos e óleo de canola. Para o cultivo na zona da mata de Minas Gerais, visando produtividades de grãos acima de 3.3 t ha⁻¹ indica-se a utilização de 96% da ETc. Caso a finalidade do cultivo seja a produção de óleo, indica-se a utilização da lâmina de irrigação de 91% da ETc.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola. E o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (Código de Financiamento 001).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 - Crop Evapotranspiration*. n. 56, 1998.

CHAGANTI, V. N.; GANJEGUNTE, G.; NIU, G.; ULERY, A.; ENCISO, J. M.; FLYNN, R.; MEKI, N.; KINIRY, J. R. Yield response of canola as a biofuel feedstock and soil quality changes under treated urban wastewater irrigation and soil amendment application. *Industrial Crops and Products*, v. 170, p. 113659, out. 2021.

CHAI, L. L.; HERNANDEZ-RAMIREZ, G.; DYCK, M.; PAULY, D.; KRYZANOWSKI, L.; MIDDLETON, A.; POWERS, L. A.; LOHSTRAETER, G.; WERK, D. Can fertigation reduce nitrous oxide emissions from wheat and canola fields? *Science of the Total Environment*, v. 745, p. 141014, 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Safra 2022/2023*. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>. Acesso em 20 de novembro de 2023.

FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v. 72, n. 4, p. 673–689, 22 fev. 2015.

FUZARO, L.; XAVIER, N. L.; CARVALHO, F. J.; NERY, F. A. N.; CARVALHO, S. M.; ANDALÓ, V. Influence of pollination on canola seed production in the Cerrado of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 40, n. 1, p. 39315, 2018.

KATUWAL, K. B.; CHO, Y.; SINGH, S.; ANGADI, S. V.; BEGNA, S.; STAMM, M. Soil water extraction pattern and water use efficiency of spring canola under growth-stage-based irrigation management. *Agricultural Water Management*, v. 239, p. 106232, set. 2020.

LUS, E. P.; JACSON, Z.; FRED, D. DA S.; LUCIANA, B. P.; DENISE, C. F. DOS S. D.; WILLIAN, S. B.; GILBERTO, O. T. Evaluation of some hybrids of canola in function of sowing dates in Viosa, MG, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 9, n. 32, p. 2488–2494, 4 ago. 2014.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. *Irrigação: Princípios e métodos*. Viçosa- MG: UFV, 2009.

SECCHI, M. A.; FERNANDEZ, J. A.; STAMM, M. J.; DURRETT, T.; PRASAD, P. V. V.; MESSINA, C. D.; CIAMPITTI, I. A. Effects of heat and drought on canola (*Brassica napus* L.) yield, oil, and protein: A meta-analysis. *Field Crops Research*, v. 293, p. 108848, mar. 2023.

SILVA, L. F. L. E.; GONÇALVES, W. M.; MALUF, W. R.; RESENDE, L. V.; SARMIENTO, C. M.; LICURSI, V.; MORETTO, P. Energy balance of biodiesel production from canola. *Ciência Rural*, v. 47, n. 2, p. 1–5, 2017.

WU, W.; MA, B. L.; WHALEN, J. K. *Enhancing Rapeseed Tolerance to Heat and Drought Stresses in a Changing Climate: Perspectives for Stress Adaptation from Root System Architecture*. Elsevier Ltd, 2018. v. 151

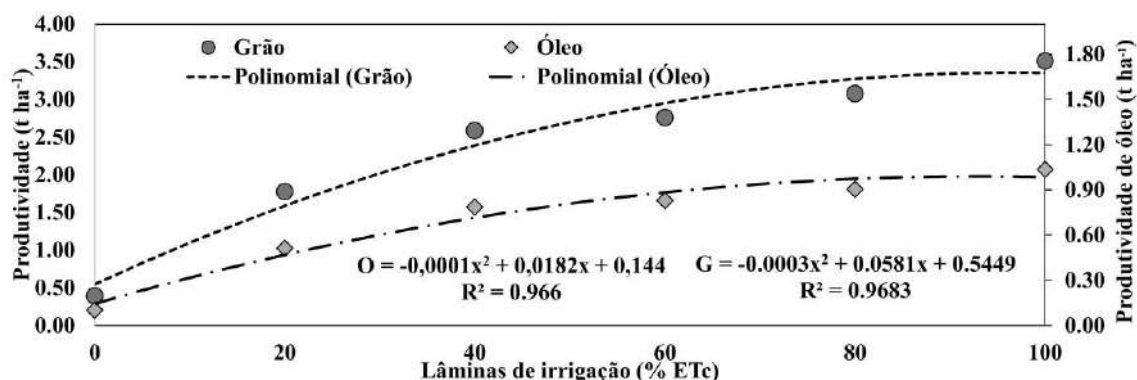


Figura 1. Produtividade de grãos (t ha⁻¹) e produtividade do óleo (t ha⁻¹) de canola sob diferentes lâminas de irrigação (% da ETc)

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO DO SOLO PARA ALEGRETE, RS

Laylton de Albuquerque Santos¹, Joslanny Higino Vieira², Catariny Cabral de Aleman Pina³, Marlon Gomes Dias⁴, Diego Bispo dos Santos Farias⁵, Jeniffer Pacheco Cruz⁶

¹Discente de doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: Laylton.santos@ufv.br; ²Discente de doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: Joslanny.vieira@ufv.br; ³Professora do Curso de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: Catariny@ufv.br;

⁴Discente de mestrado em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: marlon.dias@ufv.br; ⁵Discente de doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: diegotrust@gmail.com; ⁶Discente de mestrado em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: jeniffer.cruz@ufv.br.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar as relações entre o padrão temporal do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e os componentes do balanço hídrico do município de Alegrete, Rio Grande do Sul. O experimento foi realizado para o município de Alegrete, RS. Foi estimado o balanço hídrico para o cultivo de arroz irrigado com dados da estação meteorológica automática do município. O índice vegetativo NDVI foi resultado do processamento das bandas espectrais do vermelho e vermelho próximo oriundo do satélite LandSat 8. Foram avaliadas as interações entre o déficit hídrico, o armazenamento de água no solo e a evapotranspiração da cultura no dia da obtenção da imagem e a soma da precipitação pluviométrica, em função dos valores de NDVI. O NDVI teve menores valores com maiores precipitações. O menor armazenamento de água no solo e maior evapotranspiração potencial resultaram no maior NDVI. O déficit de água no solo não foi suficiente para reduzir a refletância na área estudada. A precipitação colaborou para atenuar a influência do déficit hídrico no NDVI. A evapotranspiração de referência possui forte correlação com o NDVI.

Palavras-Chave: manejo de água, processamento de imagem, sensoriamento remoto

INTRODUÇÃO

A agricultura é responsável por abastecer e alimentar o mundo e estimativas sugerem que até 2050 haverá um aumento em 60% da demanda de alimentos mundial (FAOSTAT, 2018). O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das grandes monoculturas mundiais com alta importância global e tem papel estratégico na segurança alimentar, compondo a base nutricional para mais de três bilhões de pessoas (Paulelli, 2019).

Contudo, o setor produtivo de arroz tem o desafio de garantir a produtividade e qualidade

com redução do consumo hídrico (Carracelas, 2019). O estado do Rio Grande do Sul destaca-se por ocorrerem variações sazonais das condições hídricas no verão causadas pela alta demanda evaporativa da atmosfera, superando a precipitação pluviométrica (Schaparini et al., 2020).

Dessa forma, com condições meteorológicas adversas resultando em aumento da evapotranspiração e períodos de escassez hídrica (Spinoni et al., 2014), ocorrerá limitação na disponibilidade de água para irrigação em alguns anos (Lyman et al., 2013), e por conseguinte, redução no incremento de biomassa do arroz, refletida na produtividade agrícola final (Schaparini et al., 2020).

Diante disso, a busca por dados confiáveis de evapotranspiração (ET) é necessária para definir a gestão de recursos hídricos, quantificação da demanda de água agrícola e do ecossistema (Kisi e Alizamir, 2018). Uma das ferramentas promissoras para representação espacial e temporal usadas na agricultura é a tecnologia do sensoriamento remoto (SR). O SR pode ser utilizado para coleta de informações espaciais de escalas regionais a globais (Ramadhani, 2020). Ou seja, é possível a avaliação da relação da cultura com as condições hídricas e climáticas do local.

Neste contexto, considerando a importância econômica do arroz para o Rio Grande do Sul, da variabilidade na produtividade de arroz em condições de déficit hídrico e a possibilidade do monitoramento de áreas agrícolas por índices de vegetação, o objetivo deste trabalho foi avaliar as relações entre o padrão temporal do índice vegetativo NDVI e as condições hídricas do município de Alegrete, Rio Grande do Sul, para um ciclo hipotético da cultura do arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de forma remota, para o município de Alegrete, RS. O período de análise foi de 16 de outubro de 2019 até 12 de

fevereiro de 2020, totalizando 120 dias.

Para a obtenção dos parâmetros meteorológicos foram realizadas consultas na estação automática do município (INMET, 2020) para o período estudado e estimada a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith FAO-56 (Allen et al., 1998). O balanço hídrico do solo diário foi realizado pela metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), foi adotado na simulação solo com textura arenosa e com capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm.

Os perfis temporais das imagens de satélites foram adquiridos do sensor OLI (*Operational Land Imager*), do satélite LandSat 8 (USGS, 2020), e usadas as bandas espectrais na faixa do vermelho (0,630 – 0,680 μm) e infravermelho próximo (0,845 – 0,885 μm) para a construção do NDVI (Equação 1), pelo programa QGIS (QGIS, 2020). A resolução espacial, para as bandas utilizadas (bandas Multiespectrais), foi de 30 metros.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (1)$$

Em que: ρ_{IV} – reflectância no comprimento de onda do infravermelho próximo e ρ_V – reflectância no comprimento de onda do vermelho.

A relação para os dados de evapotranspiração de referência para Penman-Monteith, deficiência hídrica do solo e o armazenamento de água no solo foi obtida no dia da captura das bandas espectrais do satélite. Para a precipitação pluviométrica foi realizada a média aritmética dos 10 dias anteriores a passagem do satélite pela região.

Para avaliar a correlação linear entre NDVI e ET_o por Penman-Monteith (P-M), precipitação (PREC), deficiência hídrica do solo (DEF), armazenamento de água no solo (ARM) foi usado r^2 , que é igual à correlação de Pearson ao quadrado para modelos de regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos revelam uma alta correlação entre todas as variáveis analisadas, como NDVI, ET_o P-M, PREC, DEF e ARM, com coeficientes de determinação superior a 78% (Figura 1).

A dispersão dos valores estimados entre NDVI e ET_o por Penman-Monteith sugere uma tendência positiva, indicando uma correlação positiva entre esses dados. O modelo proposto sugere que o aumento do NDVI está vinculado a uma maior demanda de ET_o . Essa conclusão é

relevante, pois implica que a estimativa de índices vegetativos, em conjunto com dados agrometeorológicos, pode ser aplicada para prever os valores de evapotranspiração em escalas locais ou regionais (Teixeira, 2010).

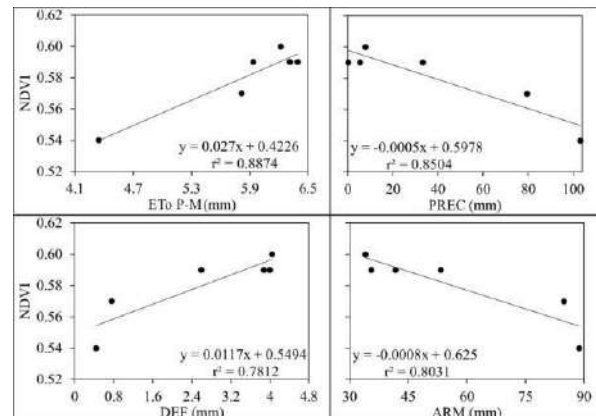


Figura 1. Correlação entre NDVI e ET_o por Penman-Monteith (P-M), precipitação (PREC), deficiência hídrica do solo (DEF), armazenamento de água no solo (ARM) nos dias de disponibilidade de imagens, período correspondente ao plantio até a colheita de arroz com ciclo de 120 dias na região de Alegrete – RS.

Analisando a correlação do NDVI com a precipitação, verificou-se uma relação inversa, em que quanto maior o valor de precipitação menor é o valor de NDVI. Uma das possíveis razões para este resultado refere-se à variação energética sofrida em dias nublados, que interfere na reflectância do dossel. Após períodos chuvosos, a tendência é o incremento no valor do NDVI, e isto pode estar relacionado ao aproveitamento da planta pela água fornecida pela precipitação, realizando suas atividades fotossintéticas sem comprometer os teores de clorofila e, portanto, apresentará maior teor de verde nas folhas (Rosembach et al., 2010).

Ao comparar o NDVI com o armazenamento de água no solo (ARM), observou-se que a incidência do NDVI foi maior quando submetida a menores valores do ARM. Uma das possíveis causas para esse fenômeno refere-se ao fato de que a alta disponibilidade hídrica para as culturas não necessariamente implica em maior acúmulo de fotoassimilados, uma vez que é necessário um equilíbrio do oxigênio, água e solo, para que a razão isotópica da água nas raízes das plantas seja positiva (Nobel, 2020; Ponzoni et al. 2012).

Contudo, a estimativa do NDVI pode favorecer a estimativa de perspectivas da produtividade futura e auxiliar na identificação de anomalias durante e posteriormente a produção final (por exemplo, pragas, deficiência de água ou nutrientes) (Berger et al., 2019). O uso de índices

de vegetação pode ser uma alternativa viável para monitorar a superfície de áreas agrícolas, identificando mudanças do ecossistema, especialmente em áreas espaço-temporalmente heterogêneas (LIU et al., 2019).

CONCLUSÕES

A abordagem metodológica empregada nos agrossistemas de arroz em Alegrete, Rio Grande do Sul, proporciona uma avaliação abrangente do desempenho do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em relação a variáveis críticas, incluindo evapotranspiração de referência (ET_o), precipitação pluviométrica, deficiência hídrica do solo (DEF) e armazenamento de água no solo (ARM). Essas variáveis desempenham papéis fundamentais para o monitoramento e manejo de áreas agrícolas.

A evapotranspiração de referência revela uma sólida correlação positiva com o NDVI, enquanto o armazenamento de água no solo exibe uma correlação negativa dentro da faixa investigada. Esses padrões destacam a interconexão dinâmica entre os índices vegetativos e as condições hídricas do solo.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: **Irrigation and Drainage Paper** 56, FAO, 1998.
- CAI, Y.; LIN, H.; ZHANG, M. Mapping paddy rice by the object-based random forest method using time series Sentinel-1/Sentinel-2 data. **Advances in Space Research**, v. 64, n. 11, p. 2233–2244, dez. 2019.
- CARRACELAS, G. et al. Irrigation management strategies to increase water productivity in *Oryza sativa* (rice) in Uruguay. **Agricultural water management**, v. 222, p. 161-172, 2019.
- FAOSTAT Database Collections. Food and Agriculture Organization of the United Nations; Food outlook biannual report on global food markets, Rome, 2018.
- INMET, 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acessado em 28 ago. 2020.
- KISI, O.; ALIZAMIR, M. Modelling reference evapotranspiration using a new wavelet conjunction heuristic method: wavelet extreme learning machine vs wavelet neural networks. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 263, p. 41–48. 2018.
- NOBEL, P. S. **Physicochemical and Environmental Plant Physiology**. 5. ed. Amsterdam: Academic Press, p.676, 2020.
- LIU, MENG et al. An Improved Flexible Spatiotemporal DATA Fusion (IFSDAF) method for producing high spatiotemporal resolution normalized difference vegetation index time series. **Remote Sensing of Environment**, v. 227, n. April, p. 74–89, 2019.
- PAULELLI, A. C. C. et al. Evaluation of uptake, translocation, and accumulation of arsenic species by six different Brazilian rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 169, p. 376-382, 2019.
- PONZONI, J. F. Comportamento Espectral da Vegetação. In: **Sensoriamento remoto**, reflectância dos alvos naturais. Brasília: Embrapa Cerrados, 2001. p. 157–199.
- QGIS, 2020. Disponível em: <https://qgis.org/en/site/>. Acessado em: 16 set. 2020.
- RAMADHANI, F.; PULLANAGARI, R.; KERESZTURI, G.; PROCTER, J. Mapping of rice growth phases and bare land using Landsat-8 OLI with machine learning. **International Journal of Remote Sensing**, v. 41, n. 21, p. 8428-8452, 2020.
- ROSEMBACK, R.; FERREIRA, N. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; CONFORTE, J. C. Análise da dinâmica da cobertura vegetal na região Sul do Brasil a partir de dados MODIS/Terra. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, p. 401-416, 2010.
- SCHAPARINI, L. P. et al. Análise comparativa entre índices de vegetação e sua relação com o balanço hídrico em soja. **Agrometeoros**, v. 27, n. 1, p. 183–190, 2020.
- SPINONI, J. et al. World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010. **Int. J. Climatol.**, v. 34, n. 8, p. 2792-2804. 2014.
- TEIXEIRA, A. H. DE C. Determining Regional Actual Evapotranspiration of Irrigated Crops and Natural Vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) Using Remote Sensing and Penman-Monteith Equation. **Remote Sensing**, v. 2, n. 5, p. 1287–1319, 6 maio 2010.
- THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Climatology**, Centerton, NJ. v.8, n.1. 1955.
- USGS, 2020. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acessado em: 16 set. 2020.

PREDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE MILHO USANDO APRENDIZADO DE MÁQUINA ASSOCIADO A IMAGENS MULTIESPECTRAIS

Miquéias Henrique Pereira¹, Daniel Marçal Queiroz², Charles Cardoso Santana³, Flávio Souza Santos⁴, Mateus Soares Assunção⁵, Maria Luiza Marangon⁶

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista de Iniciação Científica da Funarbe. e-mail: miqueias.pereira@ufv.br; ²Professor do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: queiroz@ufv.br; ³Discente de Doutorado em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: charles.c.santana@ufv.br; ⁴Discente de Doutorado em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: flavio.s.santos@ufv.br; ⁵Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: mateus.assuncao@ufv.br; ⁶Discente de graduação em Agronomia - UFV. Bolsista de Iniciação Científica da FAPEMIG. e-mail: maria.marangon@ufv.br

RESUMO: Uma das formas mais utilizadas para prever a produtividade de milho é com base em procedimento manual. Isso torna o processo dispendioso. Os métodos usando técnicas de aprendizado de máquinas com base em imagens podem substituir os procedimentos convencionais com segurança, tendo vista que são rápidos e precisos. Desta forma, objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de aprendizado de máquina para estimativa da produtividade do milho com base em imagens multiespectrais obtidas por VANTs. Para realização da pesquisa, além da obtenção de dados dos componentes produtivos ao final do ciclo da cultura, imagens multiespectrais de uma área cultivada com milho foram obtidas em 11 datas (21, 29, 36, 44, 53, 61, 77, 84, 97, 110 e 125 dias após a semeadura (DAS)). O modelo de aprendizado de máquina testado foi o *Multiple Linear Regression*. Foram utilizados 22 índices de vegetação (NDVI, RECI, SAVI, OSAVI, MCARI, TCARI, NDRE, GNDVI, CI-RED, CVI, EVI, EVI-2, GCI, GRVI, MEXG, MNGRD, NGRD, PSND, RDVI, RVI, SCCC e TGI). O erro médio absoluto (MAE) foi utilizado para avaliar o modelo. O modelo com base no GNDVI obtido a partir das imagens coletadas aos 97 DAS apresentou o melhor resultado, com um MAE de 479,91 kg ha⁻¹. Os resultados sugerem que a predição da produtividade de milho pode ser realizada usando apenas o GNDVI obtido aos 97 DAS, reduzindo a necessidade de coleta intensiva de dados ao longo de todo o ciclo da cultura.

Palavras-Chave: aeronaves remotamente pilotadas, *Zea mays* L., índices de vegetação

INTRODUÇÃO

A avaliação do rendimento das culturas pode ser feita de diversas maneiras. Métodos destrutivos, embora precisos, são caros (Lauer, 2002). Com o desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto, métodos de monitoramento e predição não destrutivos de culturas têm sido utilizados em maior escala para estimativa da produtividade (Aasen et al., 2018).

Essa abordagem por sensoriamento remoto não apenas permite estimar a produtividade do milho, mas também é essencial para diagnosticar problemas em tempo real. Com a sua utilização é possível entender as variações espaciais na produção, avaliar o impacto das práticas de manejo e testar variedades de milho em áreas específicas (Rizzi & Rudorff, 2007).

Assim, pode-se utilizar modelos que expliquem o crescimento da cultura considerando as imagens obtidas por sensoriamento remoto. A aprendizagem de máquinas é uma técnica de inteligência artificial que pode auxiliar na criação de modelos precisos e automatizados, facilitando a interpretação rápida dos dados. A aprendizagem de máquina, juntamente com o processamento de imagens, revela um grande potencial no desenvolvimento de recursos digitais para análises agrícolas (Khaki et al., 2020).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de predição da produtividade do milho com base em imagens obtidas por câmeras multiespectrais acopladas a veículos aéreos não tripulados (VANTs).

MATERIAL E MÉTODOS

pesquisa UEPE (Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão) Aeroporto pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (DAA/UFV), localizada no município de Viçosa, estado de Minas Gerais (MG).

Para a realização do experimento, ohíbrido de milho Dekalb 390 foi cultivado considerando diferentes densidades de plantas e doses de nitrogênio de cobertura, realizada no estágio fenológico v7.

Durante o crescimento da cultura do milho, foram feitos os levantamentos aéreos utilizando um VANT equipado com câmera modelo Micasense RedEdge MX para a obtenção das imagens aéreas. O planejamento dos voos foi realizado utilizando o programa de computador Precision Flight, sobrevoando a área com uma altura em relação ao solo de 60 metros. As imagens foram coletadas próximo ao meio-dia objetivando boa precisão (Alchanatis et al., 2010) e pouco efeito de fundo nas imagens (Sepulcre-Cantó et al., 2006).

A geração dos ortomosaicos foi realizada utilizando-se o programa Agisoft. O software QGIS (QGIS Development Team, 2016), gratuito e de código aberto, foi utilizado para gerar os 22 índices de vegetação (NDVI, RECI, SAVI, OSAVI, MCARI, TCARI, NDRE, GNDVI, CI-RED, CVI, EVI, EVI-2, GCI, GRVI, MEXG, MNGRD, NGRD, PSND, RDVI, RVI, SCCC1 e TGI) obtidos a partir das imagens multiespectrais.

A produtividade final foi obtida a partir da pesagem dos grãos (kg ha⁻¹) em áreas de 2 m² no centro de cada ponto de avaliação, colhidos no estádio R6. Posteriormente, foi realizada a correção da produtividade para 13% de umidade.

Foi realizada a análise exploratória de dados, antecedendo o desenvolvimento do modelo, para verificar potenciais interações e associações entre as variáveis de entrada para possível seleção de variáveis, se necessário. O desenvolvimento do algoritmo para predição da produtividade do milho foi por meio de técnicas de aprendizado de máquinas utilizando o algoritmo *Multiple Linear Regression* em ambiente Python, versão 3.7. As variáveis de entrada para o desenvolvimento do modelo de predição da produtividade foram os diferentes índices de

vegetação e a produtividade de grãos foi a variável de saída.

Na avaliação de desempenho do modelo usou-se a validação cruzada *leave-one-out*, tendo como métrica, o erro médio absoluto (MAE) entre os modelos desenvolvidos para a predição da produtividade do milho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis selecionadas e o erro médio absoluto (MAE) para o modelo *Multiple Linear Regression* (MLR) no processo de estimativa de produtividade de milho nas diferentes datas ao longo do ciclo do cultivo são apresentados na **tabela 1**. Observa-se que os maiores MAE ocorreram para as datas de até 53 dias após a semeadura (DAS), e que a partir desse período ao longo do ciclo da cultura, o MAE quando não inferior, foi próximo de 1000,00 kg ha⁻¹.

Dentre os índices de vegetação selecionados, destacaram-se o CVI, SCCI, RECI e TGI que foram considerados importantes em várias datas de avaliação no processo de estimativa de produtividade de milho.

Tabela 1. Variáveis selecionadas e o erro médio absoluto (MAE) para o modelo *Multiple Linear Regression* (MLR) no processo de estimativa de produtividade de milho nas diferentes datas ao longo do ciclo do cultivo.

DAS	Variáveis selecionadas	MAE (kg)
21	MCARI, TCARI, CVI, EVI, NGRD PSND, RDVI, SCCC1, TGI	1577,04
29	CVI, TGI	1.571,63
36	SAVI, OSAVI, MCARI, TCARI, NDRE, CI-RED, CVI, EVI, EVI- 2, GRVI, MEXG, MNGRD, NGRD, PSND, RDVI, RVI, SCCCI, TGI, DC	3.208,15
44	SCCCI, DC	1.515,37
53	RECI, SAVI, MCARI, NDRE, GNDVI, CVI, EVI, GCI, GRVI, MEXG, MNGRD, SCCC1, TGI	3.216,25
61	CVI, MEXG, SCCC1, TGI, DC	898,57
77	RECI, GNDVI, CVI, GCI, MEXG, SCCC1, TGI	989,04
84	CVI, GCI, MEXG, PSND, TGI	691,19
97	GNDVI	479,91
110	TCARI, NDRE, GNDVI, CVI, GRVI, TGI, DC	523,70
125	RECI, OSAVI, NDRE, CVI, EVI- 2, GRVI, RVI, SCCC1, AP	647,69

DAS= Dias após a semeadura; MAE= Erro médio absoluto;

MCARI= *Modified chlorophyll absorption in reflectance index*; TCARI= *Transformed Chlorophyll absorption reflectance index*; CVI= *Chlorophyll vegetation index*; EVI= *Enhanced vegetation index*; NGRD= *ormalized green red difference*; PSND= *Pigment-specific normalized difference index*; RDVI= *Renormalized Difference Vegetation Index*; SCCCI= *Simplified canopy chlorophyll content index*; TGI= *Triangular greenness index*; SAVI= *Soil Adjusted Vegetation Index*; OSAVI= *Optimized soil-adjusted vegetation index*; NDRE= *Normalized difference red edge index*; CI-RED= *Chlorophyll index red*; EVI-2= *Two-band enhanced vegetation index*; GRVI= *Green ratio vegetation index*; MEXG= *Modified excess green*; MNGRD= *Modified normalized green red difference*; RVI= *Ratio vegetation index*; RECI= *Red edge chlorophyll index*; GNDVI= *Green normalized difference vegetation index* e GCI= *Green chlorophyll index*.

Em relação às datas avaliadas, observou-se que aos 97 DAS obteve-se o menor MAE (479,91 kg ha⁻¹) em relação as demais datas no processo de estimativa de produtividade com base no GNDVI.

Obteve-se ainda, modelos com MAE inferior a 1000 kg ha⁻¹ para imagens obtidas a partir de 61 dias após a semeadura, porém com base em outros índices de vegetação.

Além disso, antes dos 30 DAS obteve-se um modelo capaz de estimar a produtividade com MAE próximo de 1500,00 kg ha⁻¹, com base apenas no CVI e TGI.

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho sugerem que a predição da produtividade de milho pode ser realizada usando apenas o GNDVI obtido aos 97 dias após a semeadura (estádio fenológico R3), reduzindo assim, a necessidade de coleta extensa de dados ao longo de todo o ciclo da cultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FAPEMIG, CNPq e CAPES no desenvolvimento desse trabalho, através da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

AASEN, H., HONKAVAARA, E., LUCIEER, A., & ZARCO-TEJADA, P. J. Quantitative remote sensing at ultra-high resolution with UAV spectroscopy: A review of sensor technology, measurement procedures, and data correction workflows. **Remote Sensing**, v. 10, n. 7, p. 1091, 2018.

ALCHANATIS, V., COHEN, Y., COHEN, S., MOLLER, M., SPRINSTIN, M., MERON, M., TSIPRIS, J., Saranga, Y., & SELA, E. Evaluation of different approaches for estimating and mapping

crop water status in cotton with thermal imaging.

Precision Agriculture, v. 11, n. 1, p. 27–41, jan. 2010.

KHAKI, S.; PHAM, H.; HAN, Y.; KUHL, A.; KENT, W.; WANG, L. Convolutional neural networks for image-based corn kernel detection and counting. **Sensors**, v. 20, n. 9, p. 2721, 2020.

LAUER, J. Methods for Calculating Corn Yield. **Available online: <http://corn.agronomy.wisc.edu/AA/pdfs>** A, v. 33, 2002.

QGIS, D.T. QGIS geographic information system. **Open Source Geospatial Foundation Project**, 2016.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Imagens do sensor MODIS associadas a um modelo agrônomo para estimar a produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.73-80, 2007.

SEPULCRE-CANTÓ, G., ZARCO-TEJADA, P. J., JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C., SOBRINO, J. A., DE MIGUEL, E., & VILLALOBOS, F. J. Detection of water stress in an olive orchard with thermal remote sensing imagery. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 136, n. 1–2, p. 31–44, 1 nov. 2006.

STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. **Journal of Environmental Quality**, v. 2, n. 2, p.159-166, 1973.

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE SENSOR DE UMIDADE CAPACITIVO DE BAIXO CUSTO DO SOLO

Karolaine Pinheiro de Oliveira¹, João Cleber Lima Duarte², José Dermeval Saraiva Lopes³, André Luiz de Freitas Coelho⁴, Daniel Marçal de Queiroz⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: karolaine.oliveira@ufv.br; ²Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental UFV. e-mail: joao.c.duarte@ufv.br; ³ Doutorando em Recursos Hídricos e Ambientais - UFV. e-mail: Jose.dermeval@ufv.br; ⁴Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: andre.coelho@ufv.br; ⁵Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: queiroz@ufv.br

RESUMO: A avaliação da umidade do solo é de extrema importância para o manejo de irrigação, seja a nível de pequeno ou grande produtor. Por isso, muitas vezes é possível se deparar com a necessidade de utilizar equipamentos capazes de medir a umidade do solo. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um sensor de umidade pelo método capacitivo e de baixo custo, com o intuito de oferecer um equipamento para agricultura de precisão de fácil acesso para pequenos produtores e passível de ser utilizado na agricultura de montanha da Zona da Mata mineira. O sensor de umidade faz parte da plataforma multisensor SoilSmartSensor, e utiliza o método capacitivo, em que um sinal de tensão é emitido e o solo atua como um capacitor cuja capacitância é menor ou maior de acordo com a umidade do solo. Para a validação do equipamento, foi realizado, em laboratório, um comparativo com o aumento do volume de água salina em um recipiente e, em campo, uma comparação com a umidade gravimétrica. A partir das validações percebeu-se que foi possível desenvolver um equipamento que meça umidade e seja de baixo custo, embora ainda existam algumas limitações no sensor. Conclui-se que o equipamento desenvolvido é capaz de detectar altas variações de umidade e ser utilizado no manejo de irrigação e levantamento de variabilidade espacial de umidade.

70% do uso da água doce no planeta, sendo a irrigação, a principal responsável por esta demanda. Assim, tem-se: de um lado a necessidade de aumentar a produção de alimentos de forma sustentável. E de outro, o desafio e o compromisso de praticar uma irrigação eficiente. Porém, os sistemas de irrigação são projetados para atender à máxima demanda de água de uma cultura. Então, operacionalizá-los sempre nesta condição, significa produzir alimentos com consumo excessivo de água e de energia, entre outros. Desta forma, fica evidente a importância do manejo da irrigação para obter o correto equilíbrio entre o suprimento de água e a real demanda hídrica pela cultura em cada momento. Segundo KAMIENSKY e VISOLI (2018), o manejo correto da irrigação permite economizar até 50% de água durante o ciclo de uma cultura. Uma das formas de realizar o manejo eficiente consiste em determinar a umidade atual do solo, de forma rápida e precisa, visando ao cálculo da lâmina de irrigação. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um sensor de umidade de solo, pelo método capacitivo, de baixo custo, de fácil operação, capaz de medir a umidade do solo em tempo real e que possa ser utilizado, inclusive por pequenos produtores que praticam agricultura de montanha como é o caso da cafeicultura na Zona da Mata mineira.

MATERIAL E MÉTODOS

Palavras-Chave: agricultura de precisão, variabilidade espacial, irrigação, acessibilidade, agricultura de montanha

INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE (2017), no Brasil, a área irrigada aumentou em torno de 47,6%, entre 2006 e 2017. KAMIENSKY e VISOLI (2018), mencionam que a agricultura é responsável por

O sensor de umidade pelo método capacitivo compõe a plataforma multisensor SoilSmartSensor, também composta por um sensor de temperatura e de condutividade elétrica aparente. A plataforma foi desenvolvida no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) como um aperfeiçoamento do equipamento desenvolvido por Sousa et al. (2013). O princípio do sensor de umidade capacitivo foi baseado no modo de

funcionamento *astable* do circuito integrado (IC) NE555P (Figura 1).

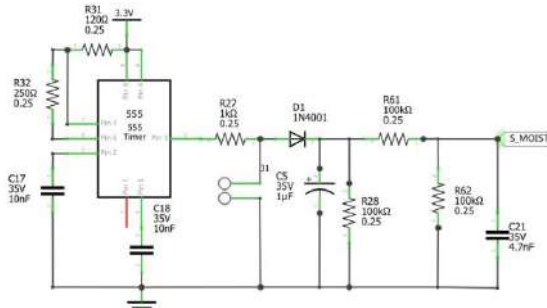


Figura 1. Circuito eletrônico aperfeiçoado para sensor de umidade pelo método capacitivo.

O circuito do sensor de umidade do solo consiste em um gerador de sinal e um filtro resistivo-capacitivo em que o solo atua como capacitor. De modo que a variação no sinal saída do circuito varia conforme a umidade do solo, sendo maiores valores de tensão referentes a menores valores de umidade e, conseqüentemente, menores valores de tensão equivalem a maiores valores de umidade.

O sinal de tensão que é lido por conversor analógico digital 12 bits ADS1015 e convertido em valores de umidade por meio da curva de calibração elaborada por Sousa et al. (2013). Com relação à estrutura, o sensor de umidade conta com dois eletrodos de aço com 120 mm de comprimento e 6 mm de diâmetro fixados em uma barra de nylon e distante 30mm.

Para validar o sensor aperfeiçoado, inicialmente realizou-se testes em laboratório com solução salina de 15 mS/m, simulando a condutividade aparente de solos agricultáveis. Os eletrodos do sensor de umidade foram inseridos em um recipiente com volume total de 1400 mL. A cada 50 mL de solução salina adicionado ao reservatório, a tensão gerada pelo circuito do sensor foi lida por meio do aplicativo de operação do SoilSmartSensor. A relação entre o volume de solução e o volume total do reservatório foi expressa como umidade volumétrica e indicou a fração do volume ao redor dos eletrodos preenchido com água.

Em campo, o SoilSmartSensor foi utilizado para medir a umidade do solo em uma lavoura de café com 5,0 ha. As medições foram realizadas em 100 pontos, com cinco repetições em cada ponto. Utilizando receptor GNSS do *tablet* usado para execução do aplicativo de operação, cada medição de umidade do solo foi georreferenciada. O plugin para QGIS Smart Map foi utilizado para gerar o mapa de umidade

do solo da área de estudo. De maneira aleatória, foram selecionados 10 pontos para coleta de três amostras de solo para medição da umidade gravimétrica. Em laboratório, a massa das amostras coletadas foi medida antes e após o procedimento de secagem a 105 °C durante 24 horas na estufa. A umidade gravimétrica, base seca, foi obtida e utilizada para validar os dados de umidade informados pelo sensor de umidade do SmartSoilSensor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na validação realizada em laboratório com a água salina observou-se comportamento, descrito por função logarítmica, entre o valor de tensão medido gerada pelo circuito sensor e a umidade volumétrica da solução. Conforme esperado, o aumento do volume de água do recipiente implicou na redução do valor de tensão. Como o solo atuou como um capacitor no circuito desenvolvido, o aumento da umidade volumétrica resultou em uma maior capacitância, e conseqüentemente atenuação do sinal gerado pelo NE555P (Figura 2).

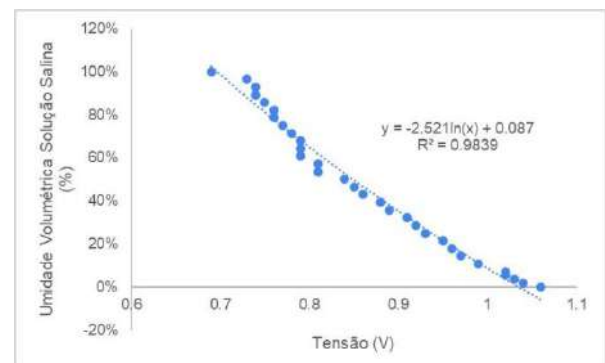


Figura 2. Relação entre valor de tensão gerado pelo circuito do sensor de umidade de solo e volume de água no recipiente.

Apesar de o sensor variar a tensão gerada em função da fração de solução salina ao redor dos eletrodos, em campo observou-se limitação quanto à sensibilidade em pequenas variações de umidade, como resultado a relação entre a umidade lida (Quadro 1). Além disso, observou-se maior oscilação nos valores e valores inferiores nos dados informados pelo SmartSoilSensor comparado à umidade gravimétrica. É possível que tais comportamentos devem-se à utilização de uma curva de calibração genérica para converter a tensão em umidade gravimétrica. O uso de uma curva de calibração específica para a textura de solo da lavoura de café poderia resultar em maior precisão e acurácia do sensor de umidade.

Quadro 1. Resumo da análise estatística realizada entre o sensor de umidade SoilSmartSensor e a umidade gravimétrica.

Variável	Umidade SoilSmartSensor (%)	Umidade Gravimétrica (%)
Máxima	29,6	29,6
Média	23,8	27,5
Mínima	20,5	26,4
Desvio Padrão	2,84	1,18
C.V.	11,92	4,31

Apesar da falta de exatidão com a umidade volumétrica, observou-se que o sensor de umidade pode fornecer a análise da variabilidade espacial desse atributo (**Figura 3**). O menor valor de umidade do solo, próximo a 15 %, na região Sudoeste deve-se à pequena variação de altitude e menor concentração de cobertura vegetal no solo. Nas demais regiões, a umidade variou entre 19 e 29 %.

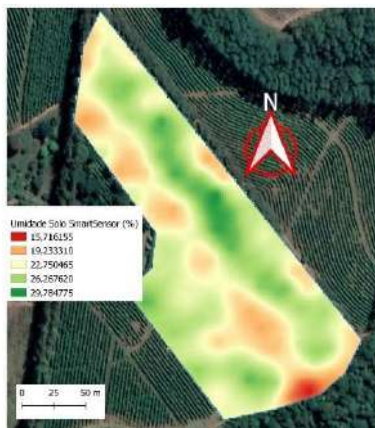


Figura 3. Mapa de umidade de lavoura de café de 5,0 ha obtido com dados do sensor de umidade do SmartSoilSensor.

CONCLUSÕES

Foi possível desenvolver um equipamento portátil, de fácil operação e baixo custo para medir a umidade do solo. O SmartSoilSensor pode ser uma ferramenta para avaliação da variabilidade espacial da umidade e manejo de irrigação em áreas agrícolas.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV pela disponibilização da infraestrutura para desenvolvimento do projeto. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

Sousa, E. D. T. et al., **Development of a portable multisensor platform for soil mapping**. Revista Ciência Agronômica, v.54, e20217886, 2023.doi. Disponível em <<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230008>>. Acesso em 08 de outubro de 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Senso de 2017. **Estabelecimentos com uso de agricultura irrigada crescem em mais de 60% em 11 anos**. Agência IBGE Notícias. Rio de Janeiro – RJ, 17 de janeiro de 2020. Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/26684-es-tabelecimentos-com-uso-de-agricultura-irrigada-crescem-em-mais-de-50-em-11-anos>>. Acesso em 09 de outubro de 2023.

KAMIENSKY, Carlos e VISOLI, Marcos Cesar. **Swamp: uma Plataforma para Irrigação de Precisão baseada na Internet das Coisas**. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília – DF, 2018. Disponível em <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1105001/swamp-uma-plataforma-para-irrigacao-de-precisao-baseada-na-internet-das-coisas>>. Acesso em 09 de outubro de 2023.

VOLUMES DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS COM ESPECTROFOTOMETRIA E MASSA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE TRAÇADOR

Arthur Diniz da C. Silva¹, Beatriz C. Vargas², Marconi R. Furtado Júnior³, Sergio Basilio⁴, Bernardo Da C. Dragueti⁵, Gabriel O. de Paula⁶

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. e-mail: arthur.diniz@ufv.br; ²Discente de Doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: beatriz.vargas@ufv.br; ³Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: marconi.furtado@ufv.br; ⁴Discente de Mestrado em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: sergio.basilio@ufv.br; ⁵Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: bernardo.dragueti@ufv.br;

⁶Discente de graduação em Agronomia -UFV. e-mail: gabriel.o.paula@ufv.br

RESUMO: A aplicação de defensivos é essencial para a produção agrícola moderna. Porém, é de fundamental necessidade o conhecimento sobre a quantidade de produto aplicado e das condições meteorológicas no momento em que ocorre a aplicação. Objetivou-se com este trabalho avaliar três métodos diferentes para estimativa de depósitos na superfície do alvo, sendo: corante traçador azul brilhante na concentração de (a) 3,0 g L⁻¹, (b) 3,0 g ha⁻¹ e determinação da massa de líquido depositado no alvo. Foi utilizado trator John Deere 4x2 TDA com barra de pulverização contendo seis pontas (TeeJet TTI11002, na pressão de 300 kPa). A deposição da calda foi analisada em nove placas de petri dispostas no solo conforme um quadrado (3x3). Os volumes teóricos de aplicação foram obtidos conforme variação da velocidade de trabalho, sendo de 969,70, 309,68, 193,16, 147,01 e 99,48 L ha⁻¹. Foi realizada análise espectrofotométrica após as passadas. Em 3 g L⁻¹, os volumes de aplicação obtidos pela análise de massa e de espectrofotometria foram próximos ao volume teórico em todas as velocidades de trabalho analisadas. Em 3 g ha⁻¹, apenas o volume de aplicação obtido com base na análise de massa foi próximo ao volume teórico. Conclui-se que a metodologia de concentração em massa volume⁻¹ e análise de massa apresentam grande potencial para análises de depósitos na aplicação, enquanto que a de massa área⁻¹ necessita de mais estudos sobre a quantidade a ser utilizada para ser detectada.

Palavras-Chave: Depósitos, pulverização, velocidade de tralho.

INTRODUÇÃO

A aplicação de defensivos é essencial para a produção agrícola moderna, além de ser muito

utilizada no ramo pecuário também, em pastagens. É parte fundamental dos tratamentos culturais, influenciando diretamente na sanidade e na produtividade da cultura. Porém, é de fundamental necessidade o conhecimento sobre a quantidade de produto aplicado e das condições meteorológicas no momento em que ocorre a aplicação (Santos *et al.*, 2017; Maciel *et al.*, 2018; Chao *et al.*, 2019; Ahmad *et al.*, 2020).

Segundo uma pesquisa realizada pela EMATER, em 2016, cerca de 46% das aplicações de defensivos agrícolas são desperdiçadas, ou seja, o produto aplicado não chega ao alvo desejado. Dessa forma, há uma baixa eficiência de aplicação e uma baixa efetividade no controle da praga ou fitopatógeno em questão (Crause *et al.*, 2019; Kullmann & Dias, 2020; Wang *et al.*, 2020).

Este estudo teve como objetivo avaliar diferentes metodologias para avaliar os volumes de aplicação em campo. Com o contínuo avanço das maneiras de se realizar as avaliações, é crucial conduzir pesquisas para entender como essas maneiras estão sendo empregadas e se de fato, conseguem se aproximar do volume aplicado à campo em diferentes velocidades de operação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local do experimento

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas, de propriedade do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Viçosa, Minas Gerais.

Métodos avaliados

Foram utilizados três métodos diferentes para a realização desse trabalho, sendo: corante traçador azul brilhante na concentração

massa/volume de 3,0 g L⁻¹; corante traçador azul brilhante na concentração massa/área de 3,0 g ha⁻¹; e determinação da massa de líquido depositado no alvo por meio de balança de precisão.

Escolha de equipamento e pontas de pulverização

Para realizar o experimento, utilizou-se o trator de pneus John Deere 4x2 TDA com barra de pulverização contendo seis pontas de pulverização, acoplada no sistema de levante hidráulico da máquina, como pode ser visto na Figura 1.



Figura 1. Trator John Deere 4x2 TDA com a barra de pulverização acoplada, contendo as seis pontas de pulverização.

As pontas utilizadas foram da fabricante TeeJet, modelo TTI11002, na pressão de 300kPa. A ponta apresenta ângulo de abertura de 110°, vazão nominal de 0,8 L min⁻¹ e tecnologia de redução de deriva por meio da indução de ar.

A deposição da solução (água + corante) foi analisada em nove placas de petri dispostas no solo conforme um quadrado (3x3).

Monitoramento das condições ambientais

Foram monitorados a temperatura e umidade relativa com o auxílio de termo-higrômetro da marca Instrutherm, modelo HT-300. A velocidade do vento foi monitorada com auxílio de anemômetro da marca Minipa, modelo MDA-20.

Volumes teóricos de aplicação

Os volumes teóricos de aplicação foram obtidos conforme variação da velocidade de trabalho, pela Equação 1.

$$Q = \frac{q \times 600}{v \times f} \quad (1)$$

Com as velocidades obtidas por meio de diferentes marchas do trator, faixa de aplicação de 0,5 m e vazão da ponta, os volumes de aplicação foram de 969,70, 309,68, 193,16,

147,01 e 99,48 L ha⁻¹.

Análises de espectrofotometria e massa

Foi feita análise de densidade da solução para avaliar a massa depositada em cada placa na passada do trator.

Foi realizada análise espectrofotométrica adicionando-se 50 mL de água destilada em cada placa após as passadas, e lida por espectrofotômetro da marca Biospectro, modelo SP-22, no comprimento de onda de 630 nm. A leitura foi transformada em L ha⁻¹ por meio de confecção de curva-padrão a partir de concentrações conhecidas, coletadas do líquido que compuseram os tratamentos e pela área de cada placa.

Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se que para a concentração de 3 g L⁻¹, os volumes de aplicação obtidos pelos três tratamentos foram próximos em todas as velocidades de trabalho analisadas (Figura 2).

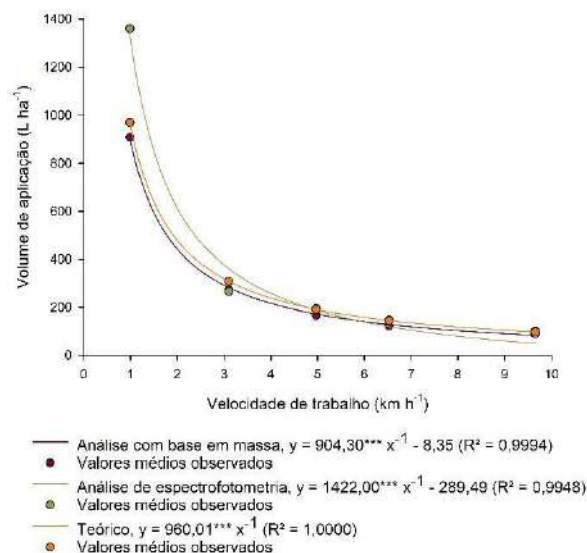


Figura 2. Volumes de aplicação (L ha⁻¹) de acordo com as velocidades de trabalho (km h⁻¹) para os três métodos avaliados na concentração de solução (água + corante) 3 g L⁻¹.

A velocidade de 0,99 km h⁻¹ foi a que apresentou maior diferença em termos de volume teórico e do calculado com base na análise espectrofotométrica, sendo de 969,70 e 1360,69 L ha⁻¹, respectivamente. Nas outras velocidades de trabalho analisadas, o volume com base na análise espectrofotométrica se aproximou do

volume teórico. Isso sugere que a concentração em massa volume⁻¹ (3 g L⁻¹) é uma boa estratégia quanto a sensibilidade do espectrofotômetro. Sobre a análise de massa, em todas as velocidades de trabalho estudadas, o volume de aplicação calculado se aproximou do volume teórico. Assim, esse método também apresenta grande potencial.

Para a concentração de 3 g ha⁻¹, o volume de aplicação obtido com base na análise de massa foi próximo ao volume de aplicação teórico calculado para todas as velocidades. O volume com base na análise de massa que apresentou maior diferença foi na velocidade de trabalho de 6,53 km h⁻¹, sendo o volume teórico e volume com análise de massa de 147,01 e 222,39 L ha⁻¹, respectivamente (Figura 3).

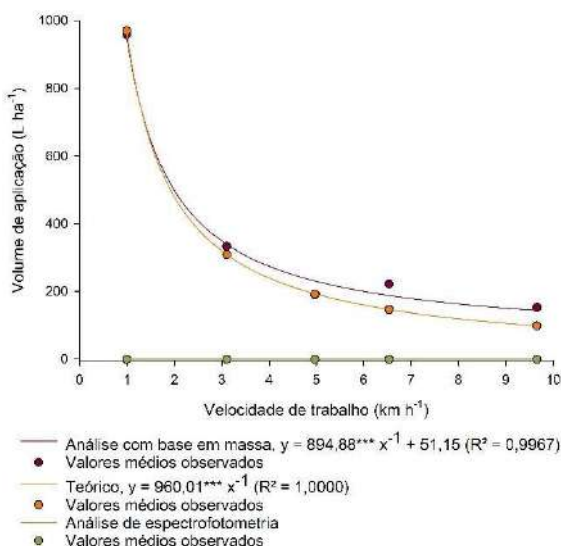


Figura 3. Volumes de aplicação (L ha⁻¹) de acordo com as velocidades de trabalho (km h⁻¹) para os três métodos avaliados na concentração de solução (água + corante) 3 g ha⁻¹.

O volume de aplicação com base na análise espectrofotométrica foi zero em todas as velocidades estudadas. Isso foi devido a leitura da absorbância no espectrofotômetro não ter apresentado valor, para todas as placas, em todas as velocidades. Pode-se concluir que para utilizar esse método para análise espectrofotométrica, precisa-se utilizar o corante em maior quantidade para ser detectado. Assim, para o método de concentração de massa área⁻¹ (3 g ha⁻¹) seria necessário mais estudos para entendê-lo.

CONCLUSÕES

O método com base na análise de massa apresenta grande potencial para esse ramo de pesquisa. Isso devido à grande semelhança entre

os valores calculados e obtidos em campo.

O método de análise de concentração em massa volume⁻¹ por meio de espectrofotometria também é indicado para análises de depósitos na aplicação de defensivos.

Já o método de análise da concentração em massa área⁻¹ não apresenta boa correlação com os volumes de aplicação teóricos calculados. Portanto, é preciso realizar mais estudos sobre a quantidade de corante traçador utilizado a fim de se obter leituras em espectrofotometria.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CNPq e CAPES pela concessão das bolsas de discentes envolvidos na pesquisa e à equipe integrante do Grupo de Pesquisa em Mecanização e Aplicação de Defensivos (GPMAD).

REFERÊNCIAS

- Ahmad, F., Qiu, B., Dong, X., Ma, J., Huang, X., Ahmed, S., Chandio, F. A. Effect of operational parameters of UAV sprayer on spray deposition pattern in target and offtarget zones during outer field weed control application. **Computers and Electronic in Agriculture**, v. 172, p. 105-121, 2020.
- Chao, X. G.; Chen, N. S.; Qiu, W.; Lv, X. L.; Li, H.; Han, C. J.; Ahmad, F. Simulation and validation of the air flow generated by a multi-channel air-assisted sprayer. **IEE Acc**, v. 07, p. 94848-94857, 2019.
- Crause, D. H.; Vitória, E. L.; Soela, D. M.; Oliveira, D. A.; Gonçalves, A. Estimativa de deriva na aplicação de defensivos agrícolas no café conilon. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Vitória – ES, 2019.
- Kullmann, S. E., Dias, V. O. Uniformidade de distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização sob efeito da assistência a ar na barra. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 3, p. 339-351, 2020.
- Maciel, C. F. S; Teixeira, M. M.; Fernandes, H. C.; Zolnier, S.; Cecon, P. R. Droplet spectrum of a spray nozzle under different weather conditions. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 03, p. 430-436, 2018.
- Santos, D. W. F. N., Forastiere, P. R., Santos, F. S., Silva, R. M., Guazzelli, T. M. Determinação do ângulo do jorro de pontas hidráulicas utilizando métodos convencionais e processamento digital de imagens. **Revista Nativa**, v. 05, n. 03, p. 199-202, 2017.
- Wang, G.; Han, Y.; Li, X.; Andaloro, J.; Chen, P.; Hoffmann, W. C.; Han, X.; Chen, S.; Lan, Y. Field evaluation of spray drift and environmental impact using na agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer. **Revista Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 37, p. 01-13, 2020.

PERFIL E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE PONTA COM TECNOLOGIA REDUTORA DE DERIVA EM DIFERENTES PRESSÕES

Thiago L. de Almeida¹, Beatriz C. Vargas², Marconi R. Furtado Júnior³, Arthur D. da Costa Silva⁴, Matheus N. Paixão, Eduardo R. de Moraes⁶

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: thiago.l.almeida@ufv.br; ²Discente de doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: beatriz.vargas@ufv.br; ³Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: marconi.furtado@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Agronomia - UFV. Bolsista de iniciação científica do CNPq. e-mail: arthur.d.silva@ufv.br; ⁵Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: matheus.n.paixao@ufv.br; ⁶Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: eduardo.moraes@ufv.br

RESUMO: Na aplicação de defensivos com equipamentos hidráulicos a uniformidade tem relação com o padrão de distribuição transversal de líquido das pontas, sendo esse padrão conhecido pelo termo perfil. Objetivou-se avaliar o perfil e a uniformidade de distribuição da ponta TTJ60 11002 nas pressões de 300, 400 e 500 kPa. Foi utilizada bancada de testes padrão e específica para a determinação de perfil e uniformidade de distribuição. Para análise de perfil, foi utilizada uma ponta no meio da bancada e foi avaliado o coeficiente de assimetria. A uniformidade foi estimada simulando as sobreposições dos perfis obtidos, utilizando 50 cm de espaçamento entre pontas. As simulações foram realizadas em planilha eletrônica, assim como o cálculo do coeficiente de assimetria dos perfis e o coeficiente de variação para a uniformidade. O perfil de deposição da ponta mostrou-se semelhante nas pressões analisadas, alterando apenas o percentual de volume depositado. A ponta apresentou coeficientes de assimetria de 0,66, 0,52 e 0,49 nas pressões de 300, 400 e 500 kPa, respectivamente. O coeficiente de variação foi de 4,89, 3,92 e 3,23% para as pressões de 300, 400 e 500 kPa, respectivamente. A ponta apresentou perfil de deposição homogêneo e boa uniformidade de distribuição em todas as pressões estudadas.

Palavras-Chave: aplicação de defensivos, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria.

INTRODUÇÃO

Para garantir a eficiência e eficácia dos defensivos agrícolas, é crucial adotar técnicas

adequadas de aplicação, assegurando que o produto seja depositado no alvo com a quantidade correta para seu efeito biológico. O desenvolvimento tecnológico e a disseminação do conhecimento técnico desempenham um papel fundamental na aplicação adequada de defensivos, permitindo um maior controle sobre os fatores que afetam a produtividade das culturas. Nesse contexto, as pontas hidráulicas desempenham um papel importante, pois não apenas dividem o líquido em gotas, mas também influenciam as características do espectro obtido na atomização, o que é essencial para uma aplicação eficaz (Godinho Junior et al., 2017; Santos et al., 2017; Peixoto et al., 2020).

A uniformidade de distribuição da calda é um dos pilares da aplicação de defensivos agrícolas, garantindo que a quantidade planejada do produto atinja o alvo desejado. Em sistemas de aplicação com equipamentos hidráulicos, a uniformidade está relacionada ao padrão de distribuição transversal de líquido das pontas, conhecido como "perfil". Cada tipo de ponta tem um perfil característico, mas geralmente todas tendem a depositar mais líquido na parte central em comparação com as bordas. Para obter uma distribuição superficial uniforme, os perfis precisam se sobrepor de alguma forma. A uniformidade da aplicação pode ser avaliada usando parâmetros estatísticos, como o coeficiente de variação, que mede a dispersão do volume de líquido distribuído (Maciel et al., 2017; Santos et al. 2017; Kullmann & Dias, 2020; Peixoto et al., 2020).

Este estudo teve como objetivo avaliar o perfil de deposição, a uniformidade de distribuição e a simetria de modelos de pontas de pulverização que incorporam inovações tecnológicas em diversas faixas de pressão de trabalho. Com o contínuo avanço das inovações tecnológicas no mercado de pontas hidráulicas, é crucial conduzir pesquisas para entender como essas inovações afetam o

desempenho das pontas em diferentes condições de operação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local do experimento

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas, de propriedade do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Viçosa, Minas Gerais.

Escolha da ponta e pressões utilizadas

Para o trabalho, foi selecionada a ponta com tecnologia redutora de deriva TTJ60-11002, recomendada para o uso de contato e sistêmico. O ângulo de abertura foi de 110° e vazão nominal de 0,8 L min⁻¹. Na sequência, foram escolhidas três pressões de operações das pontas, com a finalidade de ter tamanhos de gotas diferentes, sendo estas: 300, 400 e 500 kPa.

Caracterização do perfil de deposição e assimetria do jato

Foi utilizada uma bancada de testes projetada e construída de acordo com a norma ISO 5682-1 para determinar o perfil e a uniformidade de distribuição. Essa bancada é composta por 60 canaletas de 5 cm de largura, que coletam o líquido pulverizado e o direcionam para provetas graduadas. A barra de pulverização da bancada é formada por cinco bicos com espaçamento ajustável para a fixação das pontas, um mecanismo para regular a altura e um sistema para monitorar e controlar a pressão de pulverização (Figura 1).



Figura 1. Bancada padrão para testes de distribuição.

Foi marcado um minuto de pulverização para cada repetição, sendo realizada a leitura

do volume depositado em cada proveta. Foram feitas cinco repetições para cada pressão de trabalho, em relação a cada tipo de ponta hidráulica selecionada. É importante destacar que o líquido pulverizado utilizado foi exclusivamente água.

Para a análise do perfil de distribuição, uma ponta foi posicionada no centro da bancada, e calculado o coeficiente de assimetria. O espaçamento entre as pontas e o mecanismo de ajuste de altura foi regulado para 50 cm. O sistema de pressurização do líquido é composto por uma bomba de três cilindros da marca WEG, com uma potência de 2,0 cv (equivalente a 1,47 kW), um reservatório com capacidade de 125 litros e um filtro de linha do tipo tela. Além disso, para monitorar e ajustar a pressão de funcionamento, foi utilizado um manômetro da marca Wika.

Foi utilizado o coeficiente de assimetria de Pearson para determinação da assimetria de distribuição de líquido das pontas hidráulicas.

Caracterização da uniformidade de distribuição

A uniformidade de distribuição foi estimada utilizando o perfil de deposição, com auxílio de planilha eletrônica. Foi realizada simulação de sobreposição das pontas hidráulicas considerando espaçamento entre pontas de 50 cm. Assim, a uniformidade de distribuição foi expressa por intermédio do coeficiente de variação do volume coletado nas provetas da bancada de testes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de deposição e assimetria do jato

Observa-se que a ponta TTJ60-11002 exibe um perfil de deposição bastante consistente em todas as pressões que foram analisadas, variando principalmente no volume depositado (Figura 2).

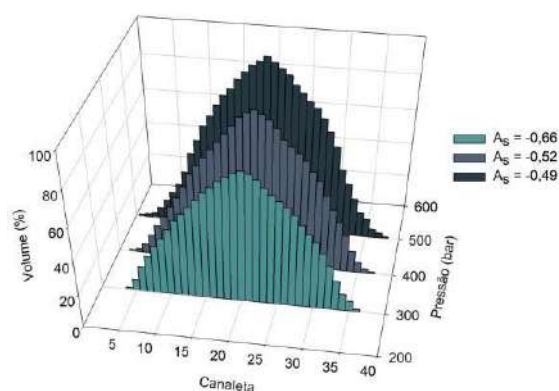


Figura 2. Perfil de distribuição volumétrica e assimetria apresentados pela ponta TeeJet TTJ60-1002 ao longo da faixa de distribuição para as pressões de trabalho utilizadas.

Essa ponta tem a particularidade de apresentar um padrão de pulverização em forma de duplo leque, o que contribui para que o perfil de distribuição seja bastante uniforme em ambos os lados, especialmente quando comparado com outras pontas convencionais. Conforme as informações fornecidas pelo fabricante, a TTJ60-11002 a 300 kPa possui gotas grossas, enquanto a 400 e 500 kPa possui gotas médias.

É importante notar que há maiores falhas no lado direito dos perfis de distribuição a 400 e 500 kPa, possivelmente devido ao fato de que a pressão de trabalho afeta o tamanho das gotas pulverizadas. Isso sugere que a seleção da pressão de trabalho influencia na uniformidade da distribuição e deve ser considerada na aplicação de defensivos agrícolas usando essa ponta específica.

Embora as pontas hidráulicas sejam projetadas com o objetivo de oferecer uma distribuição simétrica nos jatos, na prática, pode ser desafiador alcançar essa simetria de maneira consistente.

Levando em consideração que uma ponta simétrica teria um coeficiente de assimetria igual a zero, é importante destacar que a ponta testada demonstrou uma assimetria baixa, o que indica que ela apresentou um padrão de distribuição bastante próximo ao de uma ponta simétrica.

Uniformidade de distribuição das pontas hidráulicas

A ponta avaliada foi projetada para operar a uma altura de 50 cm acima do solo, conforme recomendação do fabricante. O limite aceitável para o coeficiente de variação, de acordo com os parâmetros definidos pelo fabricante para altura da barra e pressão de trabalho, é de 7%. Dentro desse limite, a ponta estudada demonstrou uma boa uniformidade de distribuição (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de coeficientes de variação (%) apresentados pela ponta TeeJet TTJ60-11002 para as respectivas pressões de trabalho (kPa) de acordo com a uniformidade de distribuição.

Pressão (kPa)	Ponta hidráulica
	TeeJet TTJ60-11002
300	4,89
400	3,92
500	3,23

No caso da TTJ60-11002, observou-se que o coeficiente de variação foi inferior a 7% para todas as pressões que foram analisadas (Tabela 1). Isso indica que essa ponta hidráulica é capaz de aplicar os defensivos de maneira uniforme, atendendo às especificações do fabricante em relação à uniformidade de distribuição.

CONCLUSÕES

A ponta TTJ60-11002 apresentou perfil de deposição homogêneo e boa uniformidade de distribuição nas pressões estudadas. Em relação aos coeficientes, conforme o coeficiente de assimetria aumenta, o coeficiente de variação também aumenta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo financiamento de bolsa dos estudantes envolvidos e à equipe integrante do Grupo de Pesquisa em Mecanização e Aplicação de Defensivos (GPMAD).

REFERÊNCIAS

- Abbas, I., Liu, J., Faheem, M., Noor, R. S., Shaikh, S. A., Solangi, K. A., & Raza, S. M. Different Real-Time Sensor Technologies for the Application of Variable-Rate Spraying in Agriculture. **Sensors and Actuators: A. Physical**, v. 316, p. 112-148, 2020.
- Godinho Júnior, J. D., Vieira, L. C., Pereira, L. O. A., Ruas, R. A. A., Faria, V. R., Carvalho Filho, A. Deriva do herbicida 2,4-d aplicado com pontas hidráulicas de jato plano tipo leque. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 04, p. 550-554, 2017.
- Kullmann, S. E., Dias, V. O. Uniformidade de distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização sob efeito da assistência a ar na barra. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 3, p. 339-351, 2020.
- Maciel, C. S., Teixeira, M. M., Fernandes, H. C., Vitória, E. L., Cecon, P. Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 e MAG-2. **Engenharia na Agricultura**, p. 183-199, 2017.
- Peixoto, R. L., Cunha, I. B. C., Caixeta, D. F. Profile of deposition and flow of TTI 11003 spraying points under different levels of wear. **Agronomic Journal**, v. 04, n. 02, p. 01-08, 2020.
- Saath, K. C. O., Fachinello, A. L. Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e
- Santos, D. W. F. N., Forastiere, P. R., Santos, F. S., Silva, R. M., Guazzelli, T. M. Determinação do ângulo do jorro de pontas hidráulicas utilizando métodos convencionais e processamento digital de imagens. **Revista Nativa**, v. 05, n. 03, p. 199-202, 2017.

Estimativa de indicadores de *stress* hídrico em culturas de terceira safra irrigadas no polo do Alto Teles Pires – MT

Higor de Queiroz Ribeiro¹, Ígor Boninsenha², Everardo Chartuni Mantovani³

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: higor.queiroz@ufv.br; ²Doutorando em Engenharia Agrícola – UFV email: igor.boninsenha@ufv.br; ³Professor Titular Aposentado – UFV. e-mail: everardo@ufv.br.

RESUMO: A agricultura irrigada no Brasil tem se destacado devido à intensificação da produção e produtividades que permite maior sustentabilidade, com até três safras anuais. Nesse contexto, simulações e modelagem agrícolas são ferramentas cruciais para a tomada de decisão, as quais permitem prever o comportamento das culturas ao longo do seu ciclo. Este estudo teve como objetivo simular a umidade do solo e os índices de *stress* em culturas visando um futuro estudo econômico e de produtividades. Foram realizadas simulações com software *IrriPlus*® utilizando dados históricos de 2001 a 2019. A demanda hídrica foi calculada a partir da metodologia GESAI. As simulações foram baseadas em um pivô central de 100 hectares, com uma lâmina de 9 mm em 21 horas de trabalho. As irrigações foram feitas com intervalo de 2 dias. Houve uma redução considerável na umidade do solo e na relação ET_c/ET_{cp} ao final das fases Desenvolvimento Reprodutivo (DREP) e início da Maturação (MAT) em todas as regiões, a qual acontece por conta do aumento do consumo hídrico da cultura nessas fases. A situação pode ser contornada por meio da adoção de estratégias de manejo como aumento da lâmina diária do pivô; redução do intervalo entre irrigações ou trabalhar com déficit hídrico controlado. As simulações identificaram potenciais desafios que podem resultar na diminuição da produtividade, possibilitando assim, o desenvolvimento de estratégias eficazes para o gerenciamento da irrigação.

Palavras-Chave: Irrigação, Terceira Safra, Evapotranspiração, *Stress* Hídrico e Umidade do Solo.

INTRODUÇÃO

A simulação e modelagem agrícola são ferramentas poderosas que fornecem subsídios importantes para a otimização do manejo de culturas irrigadas, auxiliando os

produtores na tomada de decisões mais informadas e na maximização da produtividade.

A agricultura irrigada brasileira tem se destacado cada vez mais na agropecuária do país devido à sua intensificação, produtividade, otimização dos recursos e sustentabilidade na produção de alimentos, fibras e agroenergia (Bernardo et al., 2019; Mantovani et al., 2009). A prática da irrigação permite o cultivo de até três safras anuais, suplementando adequadamente a falta ou irregularidade das chuvas. Uma vez viabilizada, o cultivo da terceira safra permite a produção de alimentos que não conseguem competir com as commodities na primeira e segunda safra (ANA, 2021). Além de suprir a demanda interna por alimentos essenciais na dieta brasileira, essas culturas mantêm o solo coberto por mais tempo e são importantes para a rotação de culturas, favorecendo o controle natural de pragas, daninhas, doenças e promovendo maior sustentabilidade econômica e ambiental.

Portanto, objetivo deste trabalho foi simular o comportamento da umidade de solo e os índices de *stress* nas culturas do Arroz, Feijão, Girassol e Trigo, visando um futuro estudo econômico e de produtividades o polo de irrigação do Alto Teles Pires – MT.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o polo de irrigação do Alto Teles Pires – Mato Grosso, esta, dividida em 4 regiões: Centro, Norte, Oeste e Sudeste. Foram considerados os dados de clima de 2001 a 2019, descritos por XAVIER et al. (2022). As simulações foram conduzidas através do software *IrriPlus*® (2008), as variáveis Disponibilidade Total de Água no Solo (DTA) e Disponibilidade Real de Água no Solo (DRA) foram calculadas a partir da metodologia proposta por Bernardo, et. al. (2009), sendo a DTA, a disponibilidade volumétrica de água entre a Capacidade de Campo (CC) e o Ponto de Murcha Permanente do Solo (PMP), e a DRA o produto da DTA pelo fator de disponibilidade de água no solo (f).

O cálculo da demanda hídrica das culturas foi feito a partir método GESAI (Mantovani et. al, 2009), onde a evapotranspiração da cultura (ET_c , em $mm\ dia^{-1}$) é definida como o produto da evapotranspiração de referência (ET_o), pelo coeficiente da cultura (K_c , adimensional), coeficiente de disponibilidade hídrica (K_s , adimensional) e coeficiente de aplicação (K_l , adimensional).

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_s \times K_l$$

Tabela 01: Coeficiente de Cultura (K_c) entre Fases e Duração do Ciclo

Cultura	Início	Desenvolvimento (média)	Floração	Final (média)	Ciclo (dias)
Arroz	0,50	0,86	1,20	0,95	120
Feijão	0,70	0,95	1,20	0,90	100
Girassol	0,40	0,78	1,15	0,74	120
Trigo	0,35	0,74	1,13	0,89	120

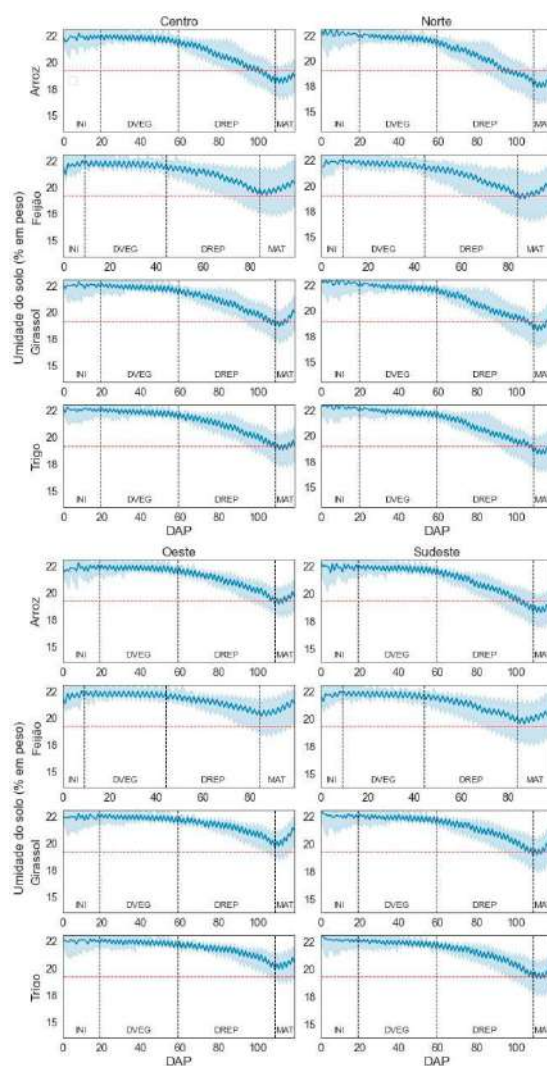
Os valores de K_s foram obtidos partir do método logarítmico (Bernardo et. al., 2019):

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)}$$

No qual, a LAA é definida como lâmina atual de água no solo. O K_l utilizado foi 1, considerado 100% de área molhada. Foram feitas 11 simulações para cada cultivo, com intervalo de 3 dias entre semeadura, considerando o período de 01/04 a 28/08 dos anos de 2001 a 2019. O equipamento utilizado como referência nas simulações foi um pivô central de 100 hectares, com lâmina de 9 mm em uma jornada de trabalho de 21 horas.

A estratégia de manejo de irrigação adotada consistiu em aplicar água até que o solo atingisse a CC ou até que a capacidade máxima do sistema de irrigação fosse alcançada, o intervalo entre as irrigações foi de 2 dias.

Inicial (INI), desenvolvimento vegetativo (DVEG), desenvolvimento reprodutivo (DREP) e maturação (MAT). Houve uma redução acentuada na umidade do solo no final do período de DREP e início a fase de MAT. É possível observar que a umidade do solo atinge valores inferiores ao fator de segurança f , no Arroz – Centro, Norte e Sudeste, e no Trigo e Girassol – Norte. Essa queda significativa na umidade do solo pode ser um fator crítico na determinação da produtividade das culturas, uma vez que o *stress* hídrico pode prejudicar o seu desenvolvimento. Isso se deve, em grande parte, ao fato de que, nessas fases, as culturas demandam uma quantidade de água superior à capacidade do pivô simulado, quando operado com turno de giro de 2 dias.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta a variação da umidade do solo em função dos dias após o plantio (DAP) e duração das fases fenológicas da cultura:

Cultivos de terceira safra, por serem conduzidos durante a estação seca, exigem irrigação total, dessa forma, em sistemas com irrigações diárias, os valores da razão ET_c/ET_{op} estarão sempre próximos a 1,

pelo fato de a água não ser um fator limitante. A figura 2 mostra a variação da relação ET_c/ET_{cp} em função da fase fenológica de cada cultura (INI, DVEG, DREP e MAT) para cada uma das regiões estudadas. É possível observar um comportamento semelhante ao que ocorre com a umidade do solo, onde a razão ET_c/ET_{cp} é reduzida no final do DREP e início da MAT, para todas as regiões, o que indica um risco de *stress* hídrico e perda de produtividade.

estratégias eficazes para o gerenciamento da irrigação nessas situações.

AGRADECIMENTOS

Ao IMAFIR e APROFIR.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas 2021. In Atlas irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. Disponível em: <<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>>

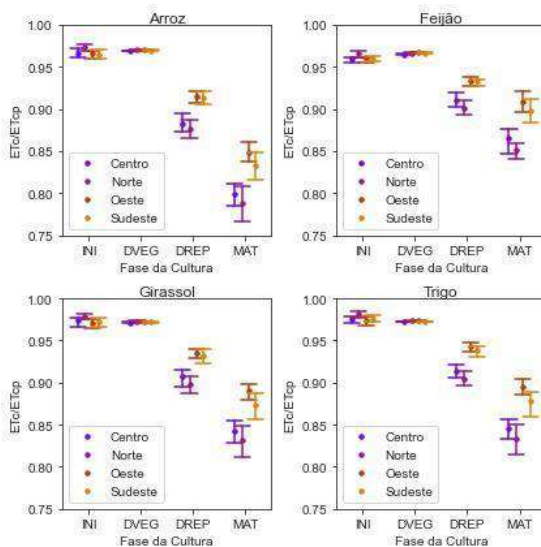
BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. Manual de irrigação. Editora UFV. 545p. 2019.

MANTOVANI, E. C., BERNARDO, S., & PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa, MG: UFV. 355p. 2009.

UFV – Universidade Federal de Viçosa. (2008). IrriPlus (2.8).

XAVIER, Alexandre C. et al. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). International Journal of Climatology, v. 42, n. 16, p. 8390–8404, 30 dez. 2022.

Figura 2: Variação da ET_c/ET_{cp} em Função da Fase da Cultura.



Considerando ambas as análises, as situações de redução de umidade do solo e redução da relação ET_c/ET_{cp} , podem ser contornadas facilmente utilizando estratégias de manejo: (1) redução do intervalo de irrigações; (2) fracionar a área irrigada, a fim de aumentar a lâmina aplicada pelo pivô; (3) trabalhar com um *stress* hídrico controlado.

CONCLUSÕES

As simulações permitiram identificar potenciais desafios que podem resultar na redução da produtividade em culturas de terceira safra, bem como, identificar e desenvolver

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE FLORESTAS DE EUCALIPTO POR SENSORIAMENTO REMOTO

Renan Tarenta Meirelles Brasil¹, Clayton Alcarde Alvares², Yhasmin Paiva Rody³, Lara Gabrielle Garcia⁴

¹Discente de pós-graduação em Ciências Florestais - UNESP. Pesquisador na Suzano S.A. e-mail: renanbrasil@suzano.com.br; ²Docente de pós-graduação em Ciências Florestais - UNESP. Especialista na Suzano S.A. e-mail: calcarde@suzano.com.br; ³Gerente na Suzano S.A. e-mail: yhasminpaiva@suzano.com.br; ⁴Pesquisadora na Suzano S.A. e-mail: laragarcia@suzano.com.br

RESUMO: O conhecimento de recursos naturais, principalmente hídricos se fazem cada vez mais necessários para que a produtividade seja otimizada, logo a evapotranspiração nos fornece um ótimo parâmetro para se estimar a eficiência do uso da água. Entretanto, a estimativa da evapotranspiração é muito dispendiosa de ser realizada com medidas diretas, ou muito generalistas para modelos empíricos. Neste contexto, estimar a evapotranspiração via sensoriamento remoto se mostra uma boa oportunidade para calibrar seus parâmetros para culturas específicas, e podermos relacionar este índice com sua produtividade. Neste trabalho utilizamos o modelo Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (SAFER) para estimar a evapotranspiração de plantios de eucalipto a partir do sensor Landsat-8 utilizando dados de temperatura obtidos por medições diretas em estações meteorológicas. O objetivo do trabalho é verificar se existe correlação entre a evapotranspiração e o crescimento destas florestas. De maneira geral, pudemos observar que a evapotranspiração acumulada, representa a história de vida de uma floresta, correspondendo a mais da metade da resposta do desenvolvimento de uma floresta de eucalipto em termos de volume de madeira total.

Palavras-Chave: evapotranspiração; safer; sensoriamento remoto

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração nos fornece uma informação de troca energética entre a superfície da terra e a atmosfera (Scanlon, 2010). Representando de forma prática uma medida combinada da perda de água para a atmosfera, sendo composta pelo

compartimento da transpiração, que se trata da perda de água dos vegetais através de seus estômatos, e pelo compartimento da evaporação, que se trata da perda de água diretamente do solo para a atmosfera. (Stoy et al., 2019) Logo, medidas precisas de evapotranspiração são indispensáveis para entendermos a fundo a dinâmica da cultura no solo e conseguirmos manejar os recursos e técnicas de forma eficiente. (Wagle et al., 2020) Como evidenciado por diversos autores, como Abel (2014) e Helen (2007), o uso da torre de fluxo para se mensurar a evapotranspiração é uma técnica consolidada e considerada um parâmetro de comparação de verdade de campo. (Sun et al., 2012) Porém, de forma geral é bastante difícil de se conseguir obter estes dados uma vez que as torres de fluxos são equipamentos de difícil acesso para pesquisa e manutenção por seu custo atrelado. E como os métodos supracitados, são também, medidas pontuais.

Como mostrado por Faour (2018), o uso do sensoriamento remoto está vivenciando um crescimento exponencial não apenas pela alta capacidade de ganho de tempo e recursos no levantamento de informações terrestres, mas também pela oportunidade de monitorar toda a paisagem e seus fenômenos a partir do mesmo método. Então, a evapotranspiração vem sendo estudada para que possamos obtê-la de acordo com a aplicação desejada, inclusive na escala de paisagem, utilizando imagens de satélite. (Zhang et al., 2016) E isto vem sendo feito por diversos autores na escala regional, continental e até mesmo global, pois a estimativa de evapotranspiração pode ser feita tanto em áreas pequenas como em áreas grandes ao combinar dados de campo com dados de sensoriamento remoto, permitindo através desta técnica a estimativa de parâmetros como: Albedo, Índice de Área Foliar (LAI), Índice de Diferença de Vegetação Normalizada (NDVI) e Temperatura da Superfície Terrestre (LST). (Teixeira, 2010) Este trabalho tem a intenção de explorar o uso potencial de imagens do satélite Landsat-8, na estimativa de

evapotranspiração de florestas plantadas de eucalipto, utilizando como base o modelo de evapotranspiração SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) ajustado com dados de agrometeorologia obtidos por sensores usuais de estações meteorológicas, como precipitação, temperatura, umidade e vento. Os dados gerados a partir do modelo SAFER serão então comparados com dados de produtividade florestal para avaliar se existe correlação entre a evapotranspiração e o crescimento destas florestas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em plantações de eucalipto no estado de Mato Grosso do Sul. De forma modificada ao proposto no método SAFER, os dados climáticos da temperatura na superfície utilizados na estimativa da evapotranspiração serão provenientes das estações meteorológicas, e não da banda termal do Landsat-8, portanto a localidade conta com a presença de 13 estações meteorológicas advindas de uma empresa e governamentais, fornecendo informações de precipitação, radiação solar, temperaturas mínimas, médias e máximas, umidade relativa e velocidade do vento, todas interpoladas pelo método de Inverse Distance Weighting (IDW).

O sensor orbital de imagens óticas é o Landsat-8. As imagens para a realização deste trabalho são dos anos de 2013 a 2021, considerando apenas as imagens sem nenhuma cobertura de nuvens nas áreas de interesse. E, para converter seu número digital em radiação e reflectância espectral foram utilizados coeficientes radiométricos disponibilizados nos metadados de suas imagens. O modelo SAFER conta com a obtenção do albedo planetário por meio de correção atmosférica Top Of Atmosphere (TOA), albedo de superfície por meio da sua correlação com o albedo planetário, e o NDVI.

As imagens do Landsat-8 a partir do método SAFER nos fornece a evapotranspiração diária, como mostrado pela relação ET/ET_0 na equação 1.

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[a + b \left(\frac{T_0}{\alpha_0 \cdot NVDI} \right) \right]$$

que a e b são coeficientes de regressão calibrados, respectivamente, 1,9 e -0,008. ET_0 é a temperatura de superfície.

O produto da razão obtida na equação 1 com o valor diário medido da evapotranspiração de referência é a evapotranspiração real em mm/dia diária,

como observamos na equação 2.

$$ET_A = \frac{ET}{ET_0} ET_0$$

Onde ET_0 é a evapotranspiração de referência diária (mm).

Por fim, todos os dados de evapotranspiração obtidos foram tratados com a remoção de outliers pelo método de distância entre quartis. Os dados de produtividade florestal utilizados são provenientes de inventários florestais contínuos fornecidos pela empresa, com medições anuais a partir de 2 anos de idade, até o corte. Dentre os dados de produtividade, foram testados: Incremento Médio Anual (IMA), Incremento Corrente Anual (ICA) e Volume Total com Casca (VTCC).

Todas as análises deste trabalho foram realizadas a partir do software R, desde o tratamento das imagens e suas operações, até as correlações feitas com os dados de inventario florestal e a análise de regressão.

A fim de proteger dados sensíveis da empresa que permitiu a execução deste trabalho, todos os dados aqui mostrados serão normalizados, variando de 0 a 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para gerar as análises foi assumido que a evapotranspiração, quando acumulada no ciclo de vida de uma floresta, pode contar a história de crescimento da mesma. Portanto, começamos testando a evapotranspiração em correlação com o Incremento Corrente Anual (ICA) da floresta, considerando a evapotranspiração anual.

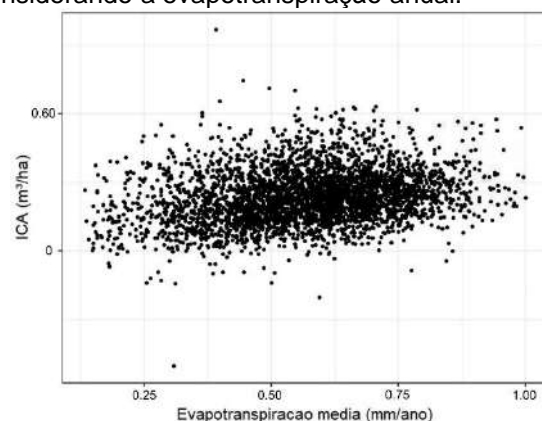


Figura 1. ICA em função da Evapotranspiração Anual.

A ausência de correlação na figura 1 pode ser atribuída ao comportamento biológico de desenvolvimento de uma floresta ao considerar o ICA, que está extremamente conectado com a fase de desenvolvimento da floresta anual, e não com parâmetros do ambiente.

Então, testamos a correlação da

evapotranspiração, desta vez acumulada, com o Incremento Médio Anual Com Casca (IMACC), na **figura 2**.

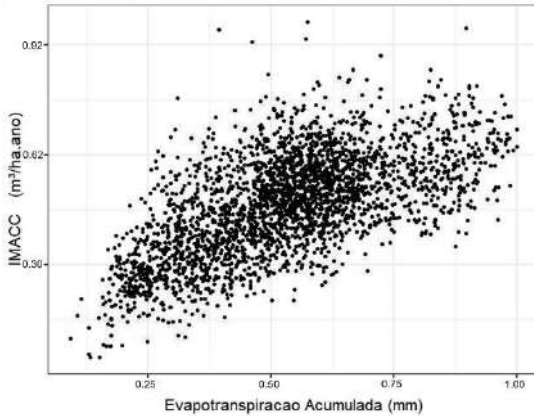


Figura 2. IMACC em função da Evapotranspiração Acumulada.

Há uma boa correlação entre estes dados, porém apesar do IMACC ser um bom parâmetro de produtividade, ele não conta a história acumulada da floresta por completo.

Analisamos então a correlação da evapotranspiração acumulada com o Volume Total Com Casca (VTCC), na **figura 3**.

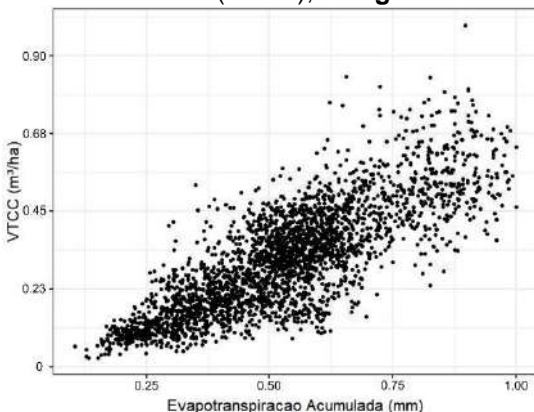


Figura 3. VTCC em função da Evapotranspiração Acumulada.

A correlação aparenta ser muito forte, o que pode ser explicado pelo conceito de que a evapotranspiração tem alta influência na taxa de deposição de madeira em uma floresta, ao longo de sua vida, o que vai estar bem representado pelo VTCC, que não depende diretamente da idade, mas sim de todo o desenvolvimento e acúmulo de madeira de uma floresta.

Dado a correlação entre evapotranspiração acumulada e VTCC, aplicamos uma regressão linear nos dados e obtivemos um R^2 de 0,65. Que é um número bastante considerável uma vez que nenhum outro parâmetro foi levado em consideração, além da evapotranspiração acumulada.

CONCLUSÕES

Ao trabalhar com dados normalizados observamos que o modelo SAFER parece ser bastante responsivo a realidade da evapotranspiração, chegando a apresentar boa correlação com a produtividade via VTCC. Maiores tratamentos com os dados se fazem necessários para podermos melhorar a correlação entre produtividade e evapotranspiração, como por exemplo a inserção de variáveis ambientais, que podem ajudar a explicar a produtividade.

De maneira exploratória observamos que um ambiente mais restritivo do ponto de vista vegetativo gerou mais correlação entre a evapotranspiração acumulada e a produtividade, sendo um bom indicativo de continuidade deste trabalho. Contudo, é importante mencionar que os dados absolutos de evapotranspiração não foram próximos aos dados de evapotranspiração empírica proposto por Penman-Monteith, o que pode denotar a necessidade de maiores calibrações e testes com a metodologia SAFER aplicada.

REFERÊNCIAS

FAOUR G., MHAWEJ M., NASRALLAH A. GLOBAL TRENDS ANALYSIS OF THE MAIN VEGETATION TYPES THROUGHOUT THE PAST FOUR DECADES.

Applied Geography v. 97, p. 184-195, 2018.

HELEN A., CLEUGH A., LEUNING R. A., UM O. B., RUNNING S. W. REGIONAL EVAPORATION ESTIMATES FROM FLUX TOWER AND MODIS SATELLITE DATA. *Remote Sensing Of Environment*, v. 106, p. 285-304, 2007.

MONTEITH, J.L. SOLAR RADIATION AND PRODUCTIVITY IN TROPICAL ECOSYSTEMS. *Journal Of Applied Ecology*, v. 9, p. 747-766, 1972.

STOY, P.C., EL-MADANY, T.S., WOLF, S. REVIEWS AND SYNTHESIS: TURNING THE CHALLENGES OF PARTITIONING ECOSYSTEM EVAPORATION AND TRANSPIRATION INTO OPPORTUNITIES. *Biogeosciences*, v. 16, p. 3747-3775, 2019.

SUN Z., GEBREMICHAEL M. ESTIMATION OF DAILY EVAPOTRANSPIRATION OVER AFRICA USING MODIS/TERRA AND SEVIRI/MSG DATA. *Atmos.* v. 112, p. 35-44, 2012.

WAGLE, P., GOWDA, P.H., NEEL, J.P.S. INTEGRATING EDDY FLUXES AND REMOTE SENSING PRODUCTS IN A ROTATIONAL GRAZING NATIVE TALLGRASS PRAIRIE PASTURE. *Science of The Total Environment*. v. 712, p. 136-407, 2020.

ZHANG, K., KIMBALL, J.S., RUNNING, S.W. A REVIEW OF REMOTE SENSING BASED ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION. *Wires Water*. v. 3, p. 834-853, 2016.

DESEMPENHO DE DIFERENTES MECANISMOS DOSADORES NA QUALIDADE DE SEMEADURA DE FEIJÃO VERMELHO (*Phaseolus vulgaris*)

Eduardo R. de Moraes¹, Beatriz C. Vargas², Marconi R. Furtado Junior³, Sergio Basílio⁴, Arthur D. da Costa Silva⁵, Matheus N. Paixão⁶

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail:eduardo.moraes@ufv.br; ²Discente de doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista CAPES da UFV. e-mail: beatriz.vargas@ufv.br; ³Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: marconi.furtado@ufv.br; ⁴Discente de mestrado em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista CAPES da UFV. e-mail: sergio.basilio@ufv.br; ⁵Discente de graduação em Agronomia – UFV. Bolsista de Iniciação Científica – CNPq. e-mail: arthur.d.silva@ufv.br; ⁶Discente de graduação em Agronomia – UFV. e-mail: matheus.n.paixao@ufv.br

RESUMO: O processo de semeadura pode ser decisivo para o desenvolvimento da cultura, devendo ser realizado com rigor. Um dos principais fatores que afeta a qualidade dessa distribuição são os dosadores. Objetivou-se avaliar a distribuição longitudinal de sementes de três mecanismos dosadores a uma velocidade de 4 km h⁻¹. Foi utilizada semeadora-adubadora com três linhas de plantio. Cada linha representou um tratamento com mecanismo dosador, sendo: dosador Titanium®, equipado com o disco Rampflow® (TR); dosador mecânico convencional, equipado com disco Rampflow® (CR); e dosador mecânico convencional, equipado com disco convencional (CC). Foram coletados 250 espaçamentos entre sementes, sendo avaliados espaçamentos duplos, espaçamentos falhos, espaçamento aceitável, taxa de distribuição de sementes por metro linear e índice de precisão de semeadura. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas na porcentagem de espaçamentos falhos, duplos e na taxa de distribuição de sementes entre os mecanismos dosadores avaliados na velocidade estudada. O CC apresentou a menor porcentagem de espaçamentos aceitáveis. O CR teve maior índice de precisão de semeadura. Concluiu-se que os mecanismos dosadores CR e TR resultaram em maior porcentagem de espaçamentos aceitáveis, demonstrando grande potencial na qualidade da semeadura. Além disso, o CR obteve melhor desempenho que os demais. Considerando a distribuição longitudinal entre sementes, não é vantajoso o investimento no dosador Titanium®. Entretanto, não foram avaliados parâmetros referentes aos danos mecânicos à semente, que também influenciam na plantabilidade.

Palavras-Chave: Plantabilidade, Titanium®, Rampflow®.

INTRODUÇÃO

A obtenção de altas produtividades em uma cultura agrícola começa com a devida atenção ao processo de semeadura no estabelecimento. A qualidade do estande de plantas é um fator crucial no desenvolvimento da cultura e, portanto, requer uma abordagem criteriosa. O estande de plantas é uma função complexa do espaçamento entre linhas, densidade de semeadura e da evolução da cultura ao longo do ciclo. Um estande de alta qualidade transcende a simples contagem de plantas por hectare; exige, de fato, uma distribuição uniforme das plantas, o que, por sua vez, está intrinsecamente ligado à distribuição longitudinal das sementes.

É importante evitar espaçamentos excessivos entre as plantas, uma vez que isso propicia condições favoráveis ao crescimento de plantas daninhas. Ao contrário, a proximidade excessiva entre as plantas resulta em uma competição intensa por recursos essenciais, como luz, água e nutrientes. Portanto, um estande uniforme de plantas não apenas otimiza a eficiência na alocação de recursos, mas também minimiza a necessidade de intervenções para o controle de plantas daninhas. (PINHEIRO NETO et al., 2008; BOTTEGA et al., 2014).

As sementes destinadas à semeadura são selecionadas e individualizadas por meio de discos alveolados, disponíveis no mercado em várias configurações de quantidade e formato de orifícios. Essas configurações visam atender às densidades de semeadura requeridas e adaptar-se às características das sementes. A empresa J. Assy inovou ao introduzir a tecnologia Rampflow® nos discos alveolados. Essa inovação consiste nas ondulações presentes nas rampas dos orifícios, as quais facilitam o deslocamento das sementes,

reduzindo a ocorrência de espaçamentos duplos e falhas na semeadura (J. ASSY, 2019; J. ASSY, 2020)

O estudo objetivou avaliar as tecnologias presentes no mercado na velocidade mais usual de semeadura, para elucidar os resultados gerados nas diversas situações que ocorrem no campo (JASPER et al., 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA), localizado no Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), campus Viçosa, em uma área de aproximadamente 0,34 hectares. Anteriormente a coleta do experimento, foi realizado o preparo convencional do solo, com uma aração e duas gradagens.

Uniformização das sementes

As sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) foram uniformizadas por retenção em peneira. Foram utilizadas as peneiras de 12 milímetros e 11 milímetros. O material foi despejado sob a peneira de 12 e agitado por um minuto. A parcela que passou pela peneira superior e ficou retida na peneira de 11 foi utilizada para as próximas etapas (BRASIL, 2009).

Discos dosadores e anéis

Foram utilizados disco alveolado dosador de sementes convencional e disco dosador de sementes Apollo®. Os discos Apollo®, da J. Assy, possuem a tecnologia Rampflow®, que por meio de rampas onduladas nos alvéolos, otimiza o deslizamento das sementes, resultando em menor ocorrência de espaçamentos duplos ou falhos. O disco convencional foi confeccionado em impressora 3D, para atender as especificações dos discos Apollo®, que possuem 56 furos em carreira dupla (J.ASSY, 2020).

Dosador mecânico de sementes

O dosador de sementes Titanium® da J.Assy possui a tecnologia Escovaflex® de expulsão de sementes e a tecnologia Poliflow® de organizadores de sementes, fabricados com poliuretano, que evitam atritos e danos mecânicos (J.ASSY, 2019).

Semeadora

Para execução do experimento foi utilizada a semeadora-adubadora para plantio direto

modelo PC 2123, da marca Seed-Max, com três linhas de plantio. Em duas linhas foram mantidos os dosadores mecânicos originais do modelo, alterando apenas o disco dosador de sementes utilizado. Já em uma das linhas de plantio, foi retirado o dosador original e adaptado o dosador mecânico Titanium®.

Execução do experimento

A semeadura foi realizada em passadas de 30 metros de comprimento, dos quais foram descartados os cinco metros iniciais e finais, a fim de reduzir os efeitos de arranque e levante do implemento. Foram coletados, no mínimo, 250 espaçamentos para cada passada.

Avaliação a campo

Para a avaliação da distribuição longitudinal, utilizou-se os parâmetros propostos por Kurachi et al. (1989), classificando os espaçamentos em duplos, falhos e aceitáveis, de acordo com o espaçamento de referência adotado de 10 centímetros (Xref). Também foram calculados os espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos, além de índice de precisão de semeadura e taxa de distribuição de sementes por metro.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e à comparação múltipla das médias a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, os mecanismos dosadores CR e TR não apresentaram diferenças significativas para a ocorrência de espaçamentos aceitáveis. Entretanto, ambos se diferem do dosador CC, que apresentou a menor média.

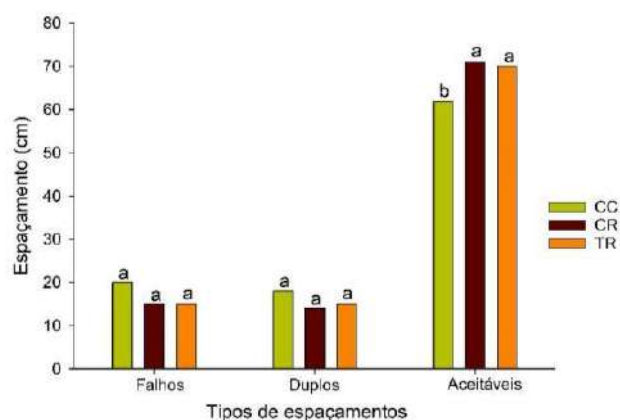


Figura 1. Espaçamentos falhos, duplos e aceitáveis dos três mecanismos dosadores avaliados.

A diferença estatística entre os tratamentos CC e CR corrobora com o resultado encontrado por Braga (2021), no qual estes apresentaram 60 e 67% de

espaçamentos aceitáveis, respectivamente. Assim como neste trabalho, todos os mecanismos dosadores se encaixaram no desempenho regular, entretanto, o mecanismo CC apresentou 9% menos espaçamentos aceitáveis que a maior média.

Já na Figura 2, o mecanismo dosador que obteve um maior índice de precisão de sementeira foi o mecanismo dosador mecânico com o disco distribuidor de sementes com a tecnologia Rampflow®, diferindo significativamente dos demais avaliados. Assim, a tecnologia do disco Rampflow® mostrou ter maior precisão na qualidade da sementeira, quando comparado aos demais tipos de discos e mecanismos dosadores estudados.

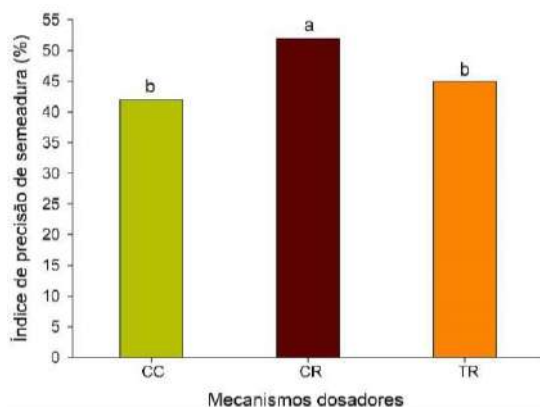


Figura 2. Índice de precisão de sementeira dos três mecanismos dosadores estudados.

Na Figura 3, a taxa de distribuição de sementes por metro foi a mesma para os três mecanismos dosadores avaliados, pois não diferiram significativamente. Com isso, pode-se perceber que para a distribuição de sementes, a tecnologia estudada não apresentou diferença sobre a tecnologia convencional já utilizada.

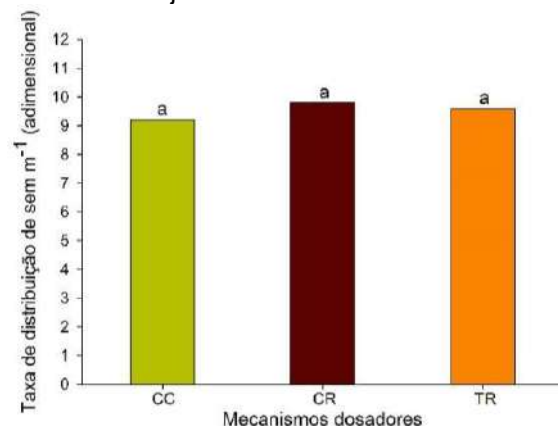


Figura 3. Taxa de distribuição de sementes por metro para cada mecanismo dosador.

CONCLUSÕES

Os mecanismos dosadores CR e TR, com a tecnologia da J. Assy, resultaram em maior porcentagem de espaçamentos aceitáveis, demonstrando grande potencial na qualidade da sementeira. Além disso, o CR obteve o melhor desempenho que os demais. Desta forma, apenas considerando a distribuição longitudinal entre sementes, não é vantajoso o investimento no dosador Titanium®. Entretanto, não foram avaliados parâmetros referentes aos danos mecânicos à semente, que também influenciam na plantabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CNPq e CAPES pela concessão das bolsas de discentes envolvidos na pesquisa e à equipe integrante do Grupo de Pesquisa em Mecanização e Aplicação de Defensivos (GPMAD).

REFERÊNCIAS

BOTTEGA, E. L. et al. Qualidade da sementeira do milho em função do sistema dosador de sementes e velocidade de operação. **Global Science and Technology**. Rio Verde, v. 7, n. 1, p. 107-114, 2014.

BRAGA, C. G. **Deposição de sementes de soja em sementeira com dosadores mecânicos de precisão**. Monografia (Bacharelado)- Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 398 p.

J.ASSY. **Dosador mecânico de sementes Titanium**. J.ASSY, 2019. Website. Disponível em: <https://jassy.com.br/discos-apollo-2/>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

J.ASSY. **Discos e anéis Apollo**. J.ASSY, 2020. Website. Disponível em: <https://jassy.com.br/discos-apollo-2/>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

PINHEIRO NETO, R. et al. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.30, p. 611-617, 2008.

JASPER, R. et al. Velocidade de sementeira da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 102-110, jan. 2011.

CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS DE PONTA COM TECNOLOGIA REDUTORA DE DERIVA EM DIFERENTES PRESSÕES

Matheus N. Paixão¹, Beatriz C. Vargas, Marconi R. Furtado Júnior, Gabriel Cerpa da Luz⁴, William G. Martins Nascimento⁵, Jéfferson de O. Souza⁶

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: matheus.paixao@ufv.br; ²Discente de Doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: beatriz.vargas@ufv.br; ³Professor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: Marconi.furtado@ufv.br; ⁴ Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: gabriel.cerpa@ufv.br; ⁵Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: william.nascimento@ufv.br, ⁶Discente de graduação em Agronomia - UFV. e-mail: jefferson.d.souza@ufv.br

RESUMO: O dispositivo responsável pela formação do espectro de gotas na atomização hidráulica recebe o nome de ponta de pulverização. O desvio das gotas em relação ao alvo planejado por ação do vento recebe a denominação de deriva. Tecnologias redutoras de deriva estão sendo fabricadas em novos modelos de pontas. Objetivou-se caracterizar o espectro de gotas da ponta da TeeJet, modelo TTI11002 com tecnologia de indução de ar, nas pressões de trabalho de 300, 400 e 500 kPa. Foi utilizado analisador a laser de partículas para realizar a caracterização do espectro de gotas. Foram coletados D_{v90} , D_{v50} e D_{v10} , e o índice SPAN. Foram coletados os percentuais de volume que correspondem as classes de tamanho das gotas: diâmetros menores que 100 μm ($V\% < 100$), entre 100 e 150 μm e maiores que 500 μm ($V\% > 500$). O SPAN da ponta não teve diferença significativa nas pressões estudadas. O D_{v50} apresentou gotas ultra grossas para 300 e 400 kPa e extremamente grossa para 500 kPa. A pressão apresentou efeito significativo no $V\% < 100$ e $V\% > 500$ nas três pressões. Conclui-se que conforme a pressão aumenta, o $V\% < 100$ aumenta, o $V\% > 500$ diminuiu, e o SPAN se manteve, indicando que a ponta apresenta potencial no quesito resistência à deriva, conforme a tecnologia de indução de ar existente.

Palavras-Chave: Aplicação de defensivos, indução de ar, SPAN.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda de produção de alimentos, motivada pelo forte aumento populacional das últimas décadas, a aplicação de defensivos agrícolas se tornou atividade essencial para contribuir com o aumento da

produtividade (Chao *et al.*, 2019; Ahmad *et al.*, 2020).

O dispositivo responsável pela formação do espectro de gotas na atomização hidráulica recebe o nome de ponta de pulverização. É crucial que as pontas de pulverização produzam um espectro de gotas homogêneo e no tamanho adequado ao tipo de tratamento objetivado (Vieira *et al.*, 2019; Ahmad *et al.*, 2020).

A pressão de operação influencia na cobertura do alvo, podendo ocasionar em seu aumento, quando combinada com as pontas hidráulicas de maneira adequada (Massola *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2021). Sabe-se que com o aumento da pressão, há diminuição do tamanho de gotas aplicado. Consequentemente, quando a gota é muito fina, acontece perda por deriva. Porém, quando é muito grossa, a perda se caracteriza por escorrimento. No mais, o espectro de gotas sofre maiores alterações conforme o design da ponta de pulverização e a pressão de operação são diferentes (Santos *et al.*, 2017; Dorneles *et al.*, 2019; Lauber, 2019).

Tecnologias redutoras de deriva estão sendo fabricadas em novos modelos de ponta de pulverização. Foram produzidas pontas com a tecnologia redutoras de deriva com indução de ar, na qual se baseia em produção de gotas com diâmetros maiores. Portanto, pontas hidráulicas para aplicação de defensivos estão em constante desenvolvimento (Martins *et al.*, 2021). Assim, tornam-se necessários estudos para buscar a caracterização do espectro de gotas das pontas de que surgem de acordo com a evolução tecnológica, alterando também, as pressões de trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local do experimento

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Aplicação de Defensivos Agrícolas, de propriedade do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Viçosa, Minas Gerais.

Escolha da ponta e pressões utilizadas

Para o trabalho, foi selecionada a ponta com tecnologia redutora de deriva TTI11002, da fabricante TeeJet. O ângulo de abertura foi de 110° e vazão nominal de 0,8 L min⁻¹. Na sequência, foram escolhidas três pressões de operações das pontas, com a finalidade de ter tamanhos de gotas diferentes, sendo estas: 300, 400 e 500 kPa. Foram feitas cinco repetições para cada pressão.

Caracterização do espectro de gotas

Foi utilizado o analisador a laser de partículas da marca Malvern Instruments Ltda., modelo Spraytec, com lente focal de 750 mm. O programa computacional Spraytec foi utilizado para gerenciar a aquisição de dados do analisador de partículas e permitiu o salvamento dos arquivos em planilha eletrônica para análise posteriormente.

O analisador de partículas foi montado em uma bancada de avaliação que possui um bocal para conexão da ponta hidráulica avaliada. O sistema de pressurização do líquido é composto por uma bomba de três cilindros da marca WEG, com dois cavalos de potência, reservatório de 125 L e filtro do tipo tela, além de um manômetro da marca Wika para monitoramento e ajuste da pressão de funcionamento do sistema. A taxa de aquisição de frequência do analisador de partículas foi ajustada para 2.500 Hz.

A ponta avaliada pulverizou o líquido entre as lentes do analisador de partículas durante 5 segundos. Nesse intervalo de tempo, o laser realizou a varredura de todas as gotas presentes no espectro, sendo capaz de definir, basicamente, a dimensão e o volume das gotas produzidas.

A homogeneidade do espectro de gotas foi estudada por meio da amplitude relativa (SPAN) do tamanho das gotas produzidas durante a pulverização. O SPAN indica a variação dimensional das gotas produzidas por determinada ponta, ou seja, representa a dispersão dos dados entre cada modelo de ponta. Valores próximos a zero tendem a ter melhor homogeneidade, ou seja, pouca dispersão entre os tamanhos de gotas. Para a aplicação de defensivos é desejável trabalhar com gotas mais homogêneas possíveis, pois nessa condição, obtém-se melhor eficiência no tratamento fitossanitário.

Durante a avaliação do espectro de gotas neste equipamento, também foi avaliado o percentual de volume (V%) que correspondem

as seguintes classes de tamanho das gotas: com diâmetros menores que 100 µm (V% < 100), com diâmetro entre 100 e 150 µm (100 < V% < 150) e, finalmente, maiores que 500 µm (V% > 500).

Análise estatística

Para o fator pressão, utilizou-se regressão, e os modelos foram baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, adotando-se 1% de probabilidade, no coeficiente de determinação (R²) e no comportamento do fenômeno em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice SPAN e D_{v50}

A TTI11002 apresentou um índice SPAN elevado, indicando baixa homogeneidade no espectro. O valor observado para todas as pressões de operação foi de 1,96, pois não houve efeito significativo da pressão, portanto, foi assumida a média dos valores para as três pressões analisadas no estudo (Figura 1).

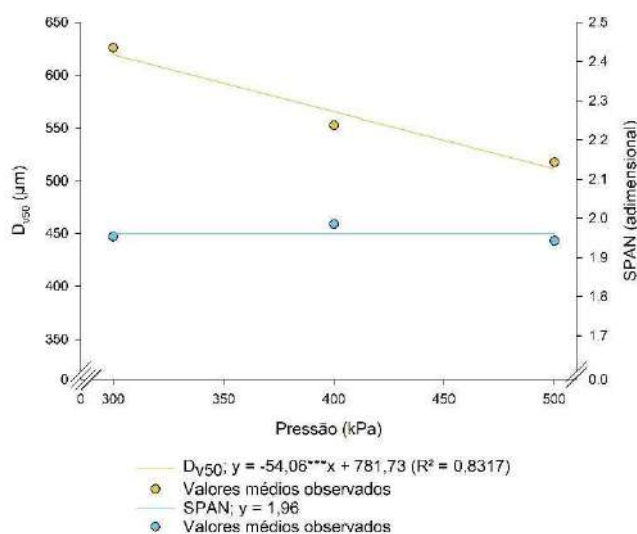


Figura 1. Valores de SPAN (adimensional) e D_{v50} (µm) de acordo com a pressão de trabalho (kPa).

Nota-se que houve a redução do diâmetro conforme o aumento da pressão de trabalho. Maciel et al. (2017) relataram que com o aumento de pressão de trabalho, há aumento da vazão, ocasionando maior velocidade do fluido e maior energia para a atomização. Assim, o líquido tende a ter maior fracionamento, produzindo mais gotas com o diâmetro cada vez mais reduzido.

Os valores de D_{v50} da ponta foram elevados, sendo de 625,84, 552,90 e 517,72 µm, para as pressões de 300, 400 e 500 kPa, respectivamente. A classe de gotas indicada para esses valores é de ultra grossa para 300 e 400 kPa, e extremamente

grossa para 500 kPa, de acordo com o critério de classificação da ASABE S572.1.

Percentuais de volume para classe de tamanho de gotas

Para a TeeJet TTI11002 foi observado efeito linear, positivo e significativo da pressão de trabalho no percentual de volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (Figura 2).

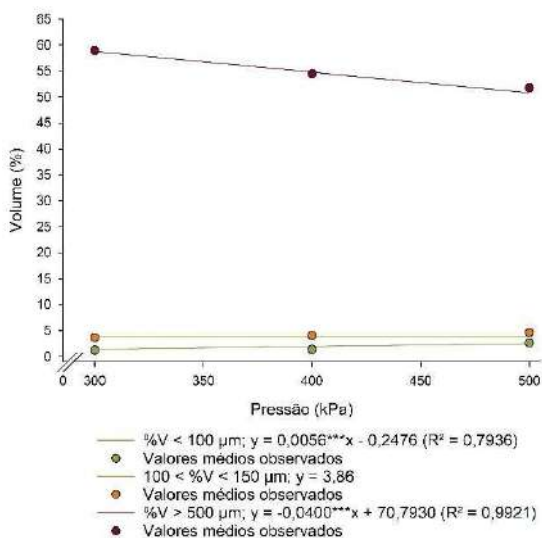


Figura 2. Valores de $V < 100$, $100 < V < 150$ e $V > 500$ de acordo com a pressão de trabalho (kPa).

Observa-se que a TeeJet TTI11002 apresentou os menores valores para todas as pressões de trabalho exploradas, sendo de 1,30, 1,44 e 2,68% para 300, 400 e 500 kPa, respectivamente.

Para o $100 < \%V < 150$, verifica-se que a TeeJet TTI11002 apresentou valores baixos para todas as pressões de trabalho exploradas, sendo de 3,72, 4,12 e 4,72% para 300, 400 e 500 kPa, respectivamente. Os baixos valores para essa faixa de volume são explicados conforme a faixa de volume aumenta, como é o caso para os diâmetros maiores que 500 µm. Nesse percentual de volume para essa classe de tamanho de gota, constata-se valores elevados para a ponta TeeJet TTI11002, justificando o D_{v50} alto para todas as pressões de trabalho.

Os valores de $\%V > 500$ foram de, respectivamente, 59,00, 54,48 e 51,79 para as pressões de 300, 400 e 500 kPa. Sabe-se que conforme o valor de pressão aumenta, o tamanho de gotas diminui, o que explica o fato do percentual de volume de gotas com diâmetro acima de 500 µm nessa faixa de volume diminuir.

CONCLUSÕES

A ponta produz um espectro de gotas pouco homogêneo. Entretanto, as gotas produzidas possuem baixo potencial de deriva e evaporação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo financiamento de bolsa dos estudantes envolvidos e à equipe integrante do Grupo de Pesquisa em Mecanização e Aplicação de Defensivos (GPMAD).

REFERÊNCIAS

Ahmad, F., Qiu, B., Dong, X., Ma, J., Huang, X., Ahmed, S., Chandio, F. A. Effect of operational parameters of UAV sprayer on spray deposition pattern in target and offtarget zones during outer field weed control application. *Computers and Electronic in Agriculture*, v. 172, p. 105-121, 2020.

Chao, X. G.; Chen, N. S.; Qiu, W.; Lv, X. L.; Li, H.; Han, C. J.; Ahmad, F. Simulation and validation of the air flow generated by a multi-channel air-assisted sprayer. *IEE Acc*, v. 07, p. 94848-94857, 2019.

Dorneles, A.B.; Bottega, E.L.; Oliveira, Z.B.; Knies, A.E.; Silva, C.M.; Souza, I.J. Uso de diferentes pontas de pulverização no controle de doenças no trigo. *Ciência e Natura*, v. 40, p. 11-17, 2019.

Lauber, V. A. **Adaptação de pulverizador costal para melhoria nos parâmetros de aplicação de defensivos agrícolas.** Trabalho de conclusão de curso, UFSC, 2019.

Martins, R. N.; Moraes, H. M. F.; Freitas, M. A. M.; Lima, A. C.; Furtado Júnior, M. R. Effect of nozzle type and pressure on spray droplet characteristics. *Idesia*, v. 39, n. 01, p. 101-107, 2021.

Massola, M.P.; Holtz, V.; de O. Martins, M.P.; da S. Umbelino, A.; dos Reis, E.F. Spray volume distribution pattern and droplet size spectrum from ceramic nozzles. Avaliação da distribuição volumétrica e do espectro de gotas produzidos por pontas cerâmicas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n.11, p. 804-809, 2018.

Santos, D. W. F. N., Forastiere, P. R., Santos, F. S., Silva, R. M., Guazzelli, T. M. Determinação do ângulo do jorro de pontas hidráulicas utilizando métodos convencionais e processamento digital de imagens. *Revista Nativa*, v. 05, n. 03, p. 199-202, 2017.

Vieira, L. C.; Godinho Júnior, J. D.; Ruas, R. A. A.; Faria, V. R.; Carvalho Filho, A. Interações entre adjuvante e pontas hidráulicas no controle da deriva de glifosato. *Energia na Agricultura*, v. 34, n. 03, p. 331-340, 2019.

MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO GIRASSOL SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO CONTROLADO.

Jeniffer Pacheco Cruz¹, Marcos Paulo Bodner², Catariny Cabral Aleman³,
Joslanny Higino Vieira⁴, Laylton de Albuquerque Santos⁵, Gustavo Ariel
Sanabria Almada⁶

¹Discente de mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista CAPES. e-mail: jeniffer.cruz@ufv.br; ²Discente do Curso de Agronomia - UFV. e-mail: marcos.bodner@ufv.br; ³Professora do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: catariny@ufv.br; ⁴Discente de doutorado em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista CAPES e-mail: joslanny.vieira@ufv.br ⁵Discente de doutorado em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista CAPES e-mail: Laylton.santos@ufv.br ⁶Discente de mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. e-mail: gustavo.almada@ufv.br

RESUMO: O girassol é uma cultura que apresenta alta resistência ao déficit hídrico, porém o suprimento hídrico da cultura é uma maneira de potencializar seu cultivo. A irrigação é uma técnica que visa a atender a necessidade da cultura, porém com o declínio dos recursos hídricos na irrigação, é necessário fazer o uso de estratégias como o déficit hídrico controlado para melhor aproveitar esses recursos. O objetivo do trabalho foi avaliar as características morfológicas do girassol submetido ao déficit hídrico controlado. O experimento foi conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Viçosa localizado no município de Viçosa, Minas Gerais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo 4 lâminas de irrigação (25%, 50%, 75% e 100%, da CTA) e 4 repetições, totalizando 16 parcelas. Foram determinados os seguintes parâmetros: altura das plantas, diâmetro do capítulo, número de folhas e taxa de crescimento. A lâmina de 50% apresentou maior valor em relação ao diâmetro de capítulo floral, parâmetro este importante para produtividade.

Palavras-Chave: *Helliantus annuus*, irrigação, uso eficiente da água.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helliantus annuus*) é uma espécie anual herbácea, de cultivo estival, amplamente explorada em várias partes do mundo. A cultura é utilizada na alimentação humana, como ração animal, na produção de biocombustível, tem aptidão ornamental e importantes propriedades medicinais (Silva, 2011). Além disso, o girassol apresenta características importantes no ponto de vista

agronômico, como menor exigência hídrica e ciclo curto, assim uma boa opção para rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (Sebrae filho et al; 2021).

Apesar do girassol ser classificado como cultura resistente à seca, a falta de água pode afetar negativamente na cultura, sendo crítica para a formação do óleo no período entre a formação das flores nos capítulos e o amadurecimento dos aquênios, acarretando na diminuição no conteúdo de óleo dos aquênios (Fernandes, 2016).

Neste contexto, considerando o declínio dos recursos hídricos para a irrigação, é necessário o uso de estratégias que visam aumentar a produtividade da água em sistemas de produção. Uma estratégia é a utilização do manejo de déficit controlado, que tem como objetivo reduzir a irrigação em relação à demanda total de água da cultura. De acordo com as características do girassol é possível indicar o cultivo com déficit hídrico controlado para promover economia de água. Mostafa et al (2020), avaliaram o efeito de quatro níveis de déficit hídrico no girassol (100% ETc, 80% ETc, 60% ETc e 100-60% ETc 100% ETc até a formação das sementes e depois reduzido para 60% ETc.), constaram que aplicando a estratégia de estresse hídrico de 80 % da ETc ou 100-60 % da ETc, levou a um aumento rendimento de sementes e óleo, além de uma economia de 20% de água.

Neste sentido, propôs-se com esse trabalho avaliar as características morfológicas do girassol submetido ao déficit hídrico controlado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Área Experimental de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Viçosa localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. De acordo com a classificação climática de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa (temperado úmido com inverno seco e verão quente),

com precipitação anual de 1229 mm e temperatura média de 20,6 °C (Martins et al., 2018).

O delineamento experimental foi um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Cada parcela experimental tinha 4 metros, espaçada em 1 metro entre fileira e 0,30 m entre plantas, a cultivar utilizada foi a BRS 323.

O manejo de irrigação foi realizado por meio de frequências de irrigação dependendo da umidade diária, sendo assim a lâmina a ser aplicada para os tratamentos com reposição foi calculada pela quantidade de água a ser adicionada para atingir o volume nas umidades de 25, 50, 75 e 100% da capacidade de campo. A curva de retenção de água no solo foi necessária para o manejo de irrigação via solo por meio de tensiômetros que foi obtida por meio da relação entre valores de umidade do solo e potencial matricial.

O experimento foi irrigado por um sistema de irrigação por gotejamento

superficial, com as seguintes constituições e características: Conjunto motobomba: bomba centrífuga acoplada a um motor. Os emissores dos gotejadores foram do tipo autocompensantes inseridos na própria fita gotejadora de 16 mm, com espaçamento de 0,3 m entre si, as linhas laterais com comprimento de 4 m, espaçadas em 0,7 m. O

sistema de irrigação será composto por 4 setores, representando as parcelas, e em cada parcela havia um registro para o controle da entrada de água e 6 linhas laterais de gotejamento.

As variáveis analisadas foram os componentes morfológicos, o diâmetro do caule (DC) mensurado entre o segundo e terceiro par de folhas por meio de um paquímetro digital, o diâmetro do capítulo (DC), mensurado por paquímetro digital, altura das plantas, verificada por fita métrica, número de folhas (NF), realizado por contagem manual e taxa de crescimento da planta (TC).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste ‘F’ a nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade (**Tabela 1**) e posteriormente ao teste de Scott-Knott ao nível de probabilidade de 5% para comparação entre as médias através do software estatístico SISVAR-ESAL (Lavras, MG).

FV	Quadrado médio				TC
	AP	DCAP	DC	NF	
DH	569,43**	3239,06*	14,34 ^{ns}	22,91**	0,00008 ^{ns}
CV	6,55	10,72	10,40	7,47	19,61

Tabela 1. FV – fonte de variação; D– déficit hídrico controlado, dose; CV – coeficiente de variação; AP – altura de planta; DCAP diâmetro do capítulo, DC: diâmetro do caule; NF – número de folhas, TC-taxa de crescimento. * significativo a 1%, ** significativo a 5% de probabilidade, ns- não significativo pelo teste de F.

Pode-se observar pela análise de variância que o tratamento submetido ao déficit hídrico controlado não afetou os parâmetros diâmetro do caule e taxa de crescimento da cultura com médias de 22,60 cm e 0,015 cm/dia respectivamente.

A altura da planta teve maior crescimento com déficit hídrico de 25% (**Figura 1**) durante o período experimental, apesar dos déficits de 50% e 75% apresentarem maiores alturas, ambos não diferem estatisticamente.

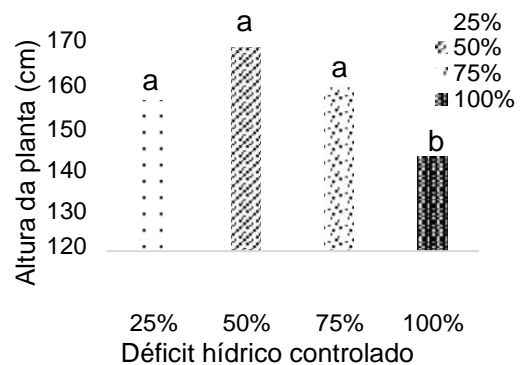


Figura1. Altura das plantas sob efeito de déficit hídrico controlado.

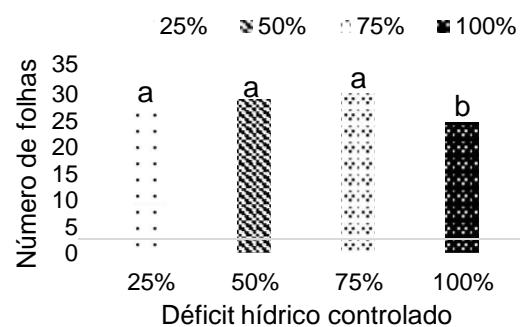


Figura2. Número de folhas sob efeito do déficit hídrico controlado.

Em relação ao número de folhas (**Figura 2**), pode-se observar que, o número de folhas não difere estatisticamente para as lâminas de 25%, 50% e 75 %, porém é possível observar que quando se aplica

o déficit hídrico de 100 % há um decréscimo no número de folhas de 81,81%.

aplicação da lâmina de 100% na altura da planta.

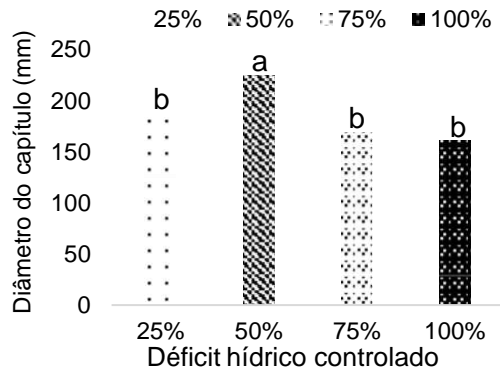


Figura 3. Diâmetro do capítulo sob efeito das lâminas de irrigação.

Em relação ao diâmetro do capítulo (**Figura 3**), o déficit hídrico de 50% apresentou os maiores diâmetros com incremento de 88,22% em relação ao déficit de 25%, porém com o aumento da irrigação para 75% e 100% houve um decréscimo de 71,66 % do diâmetro dos capítulos florais, indicando excesso hídrico na cultura.

Looser et al. (2015) avaliaram diferentes lâminas de irrigação aplicadas na cultura do girassol e observaram que, altura e diâmetro do caule não sofreram redução com tratamento sob déficit hídrico. Corroborando com os resultados dessa pesquisa, pois a eficiência das lâminas de 25%, 50% e 75% não afetaram negativamente no diâmetro do caule da cultura.

Em relação ao número de folhas pode-se observar que, à medida que aumenta a lâmina de água de 25% a 75% há um aumento no número de folhas o que corrobora com o trabalho de Dutra et al 2012, que quando as plantas foram submetidas a maiores teores de água produziram um maior número de folhas e por consequência aumento da área foliar.

Segundo Silva et al. (2011), o incremento do diâmetro do capítulo tem uma resposta crescente em função ao aumento das lâminas de irrigação, fato esse observado quando se aumenta a lâmina de 25% a 50%, porém quando esta chega a 75% e 100% houve um decréscimo do diâmetro, tal fato pode ser justificado que essas lâminas pode ocasionar estresse hídrico na cultura que segundo Taiz e Zeiger (2019), o excesso hídrico pode ocasionar redução da oxigenação das raízes acarretando mudanças metabólicas na planta, o mesmo pode-se justificar à

CONCLUSÕES

Para cultivos de girassol em condições edafoclimáticas semelhantes, recomenda-se a lâmina de 50 % da CTA, visando a maior produção de capítulo floral.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Agrícola - UFV pela disponibilização da infraestrutura para desenvolvimento do projeto. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- DUTRA, Carla Cristina et al. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2657-2667, 2012.
- FERNANDES, A.C.O.; **Hidrogel e retenção de água em dois solos cultivados com feijão-caupi e girassol**.2016. 27-28p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE
- LOOSE, Luis Henrique; HELDWEIN, Arno Bernardo; BORTOLUZZI, Mateus Possebon. Características de crescimento do girassol conduzido com e sem estresse por déficit e excesso hídrico. **XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2015**.
- MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D.; REBOITA, M. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.14, p.129-156,2018.
- MOSTAFA, H.; EL-ANSARY, M.; AWAD, M.; HUSEIN, N.; Water stress management for sunflower under heavy soil conditions. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 23, n. 2, p. 76-84, 2021.
- SEABRA FILHO, M., RODRIGUES VIEIRA, L., SILVA MENEZES, A., PINHEIRO NETO, L. G., MOREIRA AZEVEDO, B., & RODRIGUES DE SOUSA, P. G. (2020). Produção de óleo e produtividade de girassol sob diferentes frequências de irrigação no semiárido cearense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada- RBAI**, v. 14, n. 5, p. 4297 – 4304, 2020.
- SILVA, Alexandre Reuber Almeida da et al. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 57-64, 2011.
- Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E MICROASPERSÃO

Amilton Gabriel Siqueira de Miranda¹, Fernando França da Cunha², Mayara Oliveira Rocha³, Policarpo Aguiar da Silva⁴

1 Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV, Bolsista do PIBIC do CNPq, E-mail: amilton.miranda@ufv.br;

2 Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Agrícola - UFV, E-mail: fernando.cunha@ufv.br;

3 Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFV, E-mail: mayara.o.rocha@ufv.br;

4 Doutorando em Engenharia Agrícola - UFV, E-mail: policarpo.silva@ufv.br

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho realizar um estudo comparativo entre os coeficientes de uniformidade para sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial e microaspersão. O sistema de gotejamento possuía emissores do fabricante NaanDanJain, modelo Amnondrip. O sistema de microaspersão possuía emissores do fabricante Amanco modelo MF2. O sistema de gotejamento foi avaliado em dois momentos, logo após instalado (novo) e após operar com água limpa durante 120 h (usado). Para a avaliação foram selecionadas 4 linhas laterais e 8 gotejadores por linha, totalizando 32 emissores amostrados. Para avaliação do sistema de microaspersão selecionaram 4 linhas laterais com 6 microaspersores avaliados. Para sistema de gotejamento subsuperficial foram realizadas 4 avaliações com duração de 5 minutos cada, enquanto para o de microaspersão 4 avaliações com duração de 1 minuto. De posse dos resultados, foram calculados os seguintes coeficientes que expressam a uniformidade de distribuição do sistema de irrigação: Christiansen (CUC), estatístico (CUE), distribuição (CUD), absoluto (CUA), Hart (CUH) e eficiência padrão da HSPA (UDH). O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial novo apresentou resultados excelentes para CUC, CUD e CUE. O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial usado e microaspersão apresentaram resultados excelente para CUC e bom para CUD e CUE. Para gotejamento subsuperficial os valores de coeficiente de uniformidade tiveram a seguinte ordem decrescente: CUC, CUD, CUE, CUA, UDH, CUH. Para microaspersão, os valores tiveram a seguinte ordem decrescente: CUC, CUE, CUA, UDH, CUD, CUH.

Palavras-Chave: coeficientes de uniformidade, eficiência de irrigação, irrigação localizada.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas a cada ano vêm causando impactos nas atividades agrícolas. Além disso, incertezas associadas a demanda e o aumento do custo da água são desafios enfrentados diariamente no gerenciamento de sistemas de irrigação (Perea et al., 2018). Dessa forma, faz-se necessário o uso racional e sustentável do recurso natural imprescindível para o desenvolvimento das culturas, a água. A eficiência de distribuição é avaliada pela uniformidade de distribuição que consiste em uma medida da capacidade de um sistema de irrigação em aplicar a mesma quantidade de água em toda a área irrigada (Bernardo et al., 2019; Cunha et al., 2009). Existem diferentes metodologias para obtenção da uniformidade de distribuição, mas nenhum estudo foi realizado para sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial. Portanto, a avaliação de sistemas amplamente estudados, como a microaspersão, pode fornecer uma base comparativa valiosa para a análise do desempenho do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial. Diante disso, objetivou-se no presente estudo comparar diferentes equações para cálculo da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial com diferentes tempos de uso e microaspersão.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Hidráulica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Avaliou-se diferentes sistemas de irrigação, sendo gotejamento subsuperficial e microaspersão. O tubo gotejador era de polietileno com diâmetro nominal de 17 mm e os emissores foram espaçados de 0,3 m. Os gotejadores utilizados no presente estudo foram os Amnondrip do fabricante NaanDanJain e apresentaram vazão média de 1,6 L h⁻¹. Seguindo a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), foram avaliadas 4 linhas laterais, ou seja, a primeira linha, as localizadas a 1/3, a 2/3 do início da parcela e a última. Em cada linha, foram avaliados 8 gotejadores, isto é, o primeiro, os

localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do início da linha lateral e o último, totalizando 32 gotejadores avaliados por setor. O sistema de microaspersão possuía emissores do fabricante Amanco modelo MF2 de bocal

amarelo. Os microaspersores estavam espaçados em 1,7 m e 2,1 m entre emissores e linha lateral, respectivamente. Para este sistema foram avaliadas 4 linhas laterais e 6 emissores por linha, totalizando 24 microaspersores. Para a coleta da vazão o sistema de irrigação foi montado e coletores foram posicionados próximos aos emissores para coleta da água. Após ligar os equipamentos de irrigação, era necessário aguardar a pressurização dos sistemas para realizar as avaliações. Os tempos de coleta de água foram de um e cinco minutos para os sistemas de microaspersão e gotejamento, respectivamente. Da mesma forma que Cunha et al. (2009), calcularam-se as uniformidades de distribuição de água por meio dos coeficientes de uniformidade Christiansen (CUC), estatístico (CUE), distribuição (CUD), absoluto (CUA), Hart (CUH) e eficiência padrão da HSPA (UDH), utilizando-se as equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right] \quad (1)$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942), em %;
 X_i = precipitação observada nos coletores, em mm;
 \bar{X} = média das precipitações, em mm; e
 N = número de coletores.

$$CUD = 100 \frac{X_{25\%}}{\bar{X}} \quad (2)$$

em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (Criddle et al., 1956), em %;
 $X_{25\%}$ = média de 25% do total de coletores, com as menores precipitações, em mm; e
 \bar{X} = média das precipitações, em mm.

$$CUA = 50 \left[\frac{X_{25\%}}{\bar{X}} + \frac{\bar{X}}{X_{12,5\%}} \right] \quad (3)$$

em que:

CUA = coeficiente de uniformidade absoluto (Karmeli & Keller, 1975), em %;
 $X_{25\%}$ = média de 25% do total de coletores, com as menores precipitações, em mm;

$X_{12,5\%}$ = média de 12,5% do total de coletores, com as maiores precipitações, em mm; e

S = desvio-padrão dos dados de precipitação, em mm; e

\bar{X} = média das precipitações, em mm.

$$CUH = 100 \left[1 - \sqrt{\frac{2S}{\bar{X}}} \right] \quad (5)$$

em que:

CUH = coeficiente de uniformidade de Hart (Hart, 1961), em %;

S = desvio-padrão dos dados de precipitação, em mm; e

\bar{X} = média das precipitações, em mm.

$$UDH = 100 \left[1 - 1,27 \frac{S}{\bar{X}} \right] \quad (6)$$

em que:

UDH = eficiência padrão da HSPA (Hart, 1961), em %;

S = desvio-padrão dos dados de precipitação, em mm; e

\bar{X} = média das precipitações, em mm.

Na Tabela 1 estão valores de referência de alguns coeficientes de uniformidade utilizados no presente estudo para auxiliar na interpretação dos resultados.

Tabela 1: Interpretação dos valores de coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), distribuição (CUD) e estatístico (CUE).

Classificação	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Excelente	>90	>84	90-100
Bom	80-90	68-84	80-90
Razoável	70-80	52-68	70-80
Ruim	60-70	36-52	60-70
Inaceitável	≤60	≤36	≤60

Fonte: Bernardo et al. (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial novo as metodologias que

proporcionaram as maiores médias de uniformidade de distribuição foram CUC e CUD, conforme Tabela 2. O CUC apresentou maior valor que CUD devido a parametrização das equações. Após 120 h de uso do sistema de irrigação, que correspondeu ao período de

4 meses, as metodologias que proporcionaram as maiores médias foram CUC e CUA (Tabela 3).

Tabela 2: Uniformidade de distribuição de água calculada por diferentes coeficientes para gotejamento subsuperficial novo.

Repetição	Coeficientes de Uniformidade					
	CUC	CUD	CUE	CUH	CUA	UDH
1	95,67	91,80	90,79	75,79	92,15	88,30
2	96,94	95,97	96,25	84,54	98,00	95,28
3	95,71	95,96	95,81	83,67	94,30	94,55
4	95,87	96,36	96,14	84,32	94,68	95,10
Desv pad	0,60	2,15	2,64	4,21	1,29	3,34

\bar{X} = média das precipitações, em mm.

$$CUE = 100 \left[1 - \frac{S}{\bar{X}} \right] \quad (4)$$

em que:

CUE = coeficiente de uniformidade estatístico \bar{X}
(Wilcox & Swailes, 1947), em %;

Tabela 3: Uniformidade de distribuição de água calculada por diferentes métodos para gotejamento subsuperficial após 120 h de uso.

Repetição	Coeficientes de Uniformidade					
	CUC	CUD	CUE	CUH	CUA	UDH
1	86,88	74,93	78,70	63,18	79,70	72,95
2	91,37	82,80	84,68	68,77	85,55	80,55
3	92,14	86,36	83,54	67,63	87,90	79,10
4	89,73	82,03	81,11	65,32	84,14	76,01
Desv_pad	2,33	4,79	2,66	2,49	3,45	3,38
\bar{X}	90,03	81,53	82,01	66,23	84,32	77,15
CV (%)	2,586	5,873	3,243	3,755	4,088	4,378

O CUD reduziu 14,19%, enquanto o CUC reduziu 6,26%, após operar 120 h. Este resultado indica que a água apresenta alguma preocupação em relação à sua qualidade, o que sugere a necessidade de implementar um sistema de filtragem no sistema de irrigação. Segundo Bernardo et al. (2019) é possível classificar os valores de CUC, CUD e CUE como excelentes para o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial novo. Entretanto, após o uso por 120 h no período de 4 meses, pode-se classificar apenas CUC como excelente. Já os valores de CUD e CUE foram classificados como bom, conforme indicado na Tabela 1.

Para o sistema de microaspersão obteve-se as melhores médias para CUC e CUE, conforme Tabela 4. Podemos classificar os resultados de acordo com Bernardo et al. (2019) para CUC como excelente, já CUD e CUE como bom. A metodologia que apresentou a menor uniformidade de distribuição foi o CUH.

Tabela 4: Uniformidade de distribuição de água calculada por diferentes metodologias para o sistema de irrigação por microaspersão.

Repetição	Coeficientes de Uniformidade					
	CUC	CUD	CUE	CUH	CUA	UDH
1	91,09	82,18	87,24	71,50	86,99	83,80
2	90,76	81,52	86,84	71,05	85,68	83,28
3	91,23	81,64	86,98	71,21	86,04	83,46
4	88,07	79,79	85,43	69,54	83,23	81,50
Desv_pad	1,49	1,04	0,81	0,87	1,60	1,03
\bar{X}	90,29	81,28	86,62	70,83	85,48	83,01
CV (%)	1,65	1,27	0,94	1,23	1,87	1,24

As metodologias que apresentaram as menores variações para o sistema de gotejamento subsuperficial novo, de acordo com os coeficientes de variação foram CUC e CUA com valores de 0,63% e 1,37%, respectivamente (Tabela 2). Entretanto, após o uso por 120 h, as metodologias que apresentaram as menores variações de acordo

com o coeficiente de variação foram CUC e CUA. A metodologia que apresentou a menor uniformidade de distribuição foi o CUH para as duas avaliações do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial.

CONCLUSÕES

O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial apresentou resultados excelentes para CUC, CUD e CUE. Após 120 h de uso, somente CUC permaneceu com resultados excelentes, enquanto CUD e CUE apresentaram resultados bons. Essa redução pode acontecer diante de entupimento dos emissores. O sistema de microaspersão apresentou resultados excelentes para CUC e resultados bons para CUE e CUD.

Para os três sistemas de irrigação analisados a metodologia CUH apresentou o menor valor, enquanto CUC o maior valor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica e ao DEA por ceder as dependências para realizar o estudo.

REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. Manual de irrigação. 9 ed. Viçosa: UFRV, 2019. 545 p.
- CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by Sprinkling. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. Methods for evaluating irrigation systems. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p. Agricultural Handbook, 82.
- CUNHA, F.F.; ALENCAR, C.A.B.; VICENTE, M.R.; BATISTA, R.O.; SOUZA, J.A.R. Comparação de equações para cálculo da uniformidade de aplicação de água para diferentes sistemas de irrigação. Engenharia na Agricultura, v. 17, p. 404-417, 2009.
- HART, W.E. Overhead irrigation pattern parameters. Transactions of the ASAE, v. 42, n. 7, p. 354-355, 1961.
- KARMELI, D.; KELLER, J. Trickle Irrigation Design. Glendora: Rain Bird Manufacturing Corporation, 1975.132p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- PEREA, R. G.; POYATO, E. C.; MONTESINOS, P.; DÍAS, J. A. R. Optimization of water demand forecasting by artificial intelligence with short data sets. Biosystems Engineering, v. 177, p. 59-66, 2018.
- WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. Scientific Agriculture, v. 27, n. 11, p. 565-583, 1947.